



SKRIPSI – ME-141501

TRAFFIC MONITORING SYSTEM BERBASISKAN DATA AIS (AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM) DI PELABUHAN TANJUNG PERAK MENGGUNAKAN FUZZY EXPERT SYSTEM

Libryan Q. Razi
NRP 4212 100 094

Dosen Pembimbing
Dr.Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng.
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – ME-141501

TRAFFIC MONITORING SYSTEM BASED ON AIS (AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM) DATA AT PORT OF TANJUNG PERAK USING FUZZY EXPERT SYSTEM

Libryan Q. Razi
NRP 4212 100 094

Supervisor
Dr.Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng.
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

Department of Marine Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

TRAFFIC MONITORING SYSTEM BERBASIS DATA AIS (AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM) DI PELABUHAN TANJUNG PERAK DENGAN MENGGUNAKAN FUZZY EXPERT SYSTEM

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)**

**Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**LIBRYAN Q. RAZI
NRP. 4212 100 094**

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi:

- 1. Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng.**
- 2. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.**



**Surabaya
Juli 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

TRAFFIC MONITORING SYSTEM BERBASIS DATA AIS (AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM) DI PELABUHAN TANJUNG PERAK DENGAN MENGGUNAKAN FUZZY EXPERT SYSTEM

SKRIPSI

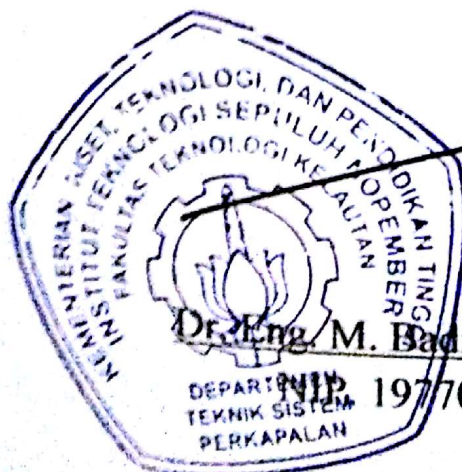
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

LIBRYAN Q. RAZI
NRP. 4212 100 094

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 19770802200811007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

TRAFFIC MONITORING SYSTEM BERBASIS DATA AIS (AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM) DI PELABUHAN TANJUNG PERKA DENGAN MENGGUNAKAN FUZZY EXPERT SYSTEM

Nama : Libryan Qadhi Razi
NRP : 4212100094
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan, FTK - ITS
Pembimbing I : Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng
Pembimbing II : Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T, M.T.

Abstrak

Semakin meningkatnya kepadatan lalu lintas kapal, mengakibatkan perlu adanya suatu sistem untuk memonitor lalu lintas kapal guna meningkatkan keamanan dan keselamatan pelayaran di Pelabuhan Tanjung Perak. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem untuk memprediksi arah pergerakan kapal berdasarkan data AIS menggunakan logika *fuzzy*. Dengan sistem ini pergerakan seperti berjalan lurus ataupun berbelok dapat diketahui. Sistem ini dirancang menggunakan logika *fuzzy* tipe Mamdani dengan 3 variabel masukan yaitu, *deltav*, *distance*, dan *time* serta keluaran berupa *move*. Pengujian sistem dilakukan dengan membandingkan antara hasil keluaran sistem dan kejadian yang sebenarnya dengan aplikasi *google earth*. Dari hasil pengujian dapat dibuktikan bahwa sistem yang dirancang sudah cukup relevan untuk diterapkan dalam memonitor kepadatan lalu lintas kapal di pelabuhan Tanjung Perak.

Kata kunci: AIS, *fuzzy*, Mamdani, arah pergerakan kapal

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

TRAFFIC MONITORING SYSTEM BASED ON AIS (AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM) DATA AT PORT OF TANJUNG PERAK USING FUZZY EXPERT SYSTEM

Name : Libryan Qadhi Razi
ID Number : 4212100094
Department : Marine Engineering, FTK - ITS
Supervisor I : Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng.
Supervisor II : Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T, M.T.

Abstract

A system used to monitor the ship's traffic is need for secure and safety issue at port of Tanjung Perak because of the increased density of ships. This research will design a system using fuzzy logic-based on AIS data to predict the heading of movement of the ship. The system uses mamdani type fuzzy logic with 3 input variables that are deltax, distance, time, and move as an output. It can predict the movements of the ship whether is straight forwardin or making a turn. It tested by comparing between the output from the system and real data that showed on google earth application. From the test results proven that the designed system is quite relevant to be applied for monitor the ship's traffic at port of Tanjung Perak.

Keywords: AIS, fuzzy, Mamdani, ship's heading

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir beserta pembuatan laporan yang berjudul:

TRAFFIC MONITORING SYSTEM BERBASIS DATA AIS (AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM) DI PELABUHAN TANJUNG PERAK DENGAN MENGGUNAKAN FUZZY EXPERT SYSTEM

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan bagi seorang mahasiswa untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga terselesainya laporan Tugas Akhir ini, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. dan Bapak Prof. Dr. Semin, S.T., M.T. selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Sistem Perkapalan
2. Hamdani N. Muhammad (Ayah), Lismawati (Ibu), Djuwita A. Rahim (Kakak), Maulana A. Alnoori (Adik), Sarah N. Meladewi (Adik), Jaabir A. Nufail (Adik) selaku keluarga penulis yang tiada hentinya memberikan doa, semangat, serta motivasi kepada penulis dalam pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng. dan Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu mengarahkan dan membimbing penulis dalam pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak A. A. B. Dinariyana, S.T., MES, Ph.D. selaku dosen wali yang memberi motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Departemen Sistem Perkapalan.
5. Bapak A. A. B. Dinariyana, S.T., MES, Ph.D. selaku kepala Laboratorium RAMS serta bapak bapak dosen Laboratorium RAMS tercinta lainnya
6. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. selaku kepala Laboratorium MEAS serta bapak bapak dosen Laboratorium MEAS tercinta lainnya.
7. Zein, Himawan, Wira, Raynaldi serta teman – teman BISMARCK '12 yang selalu mendukung saya agar cepat menyelesaikan skripsi dan lulus.
8. Andhy, Suhe, Damas, Jordan, Alex, Dante, Ago, Ario, serta teman – teman BARAKUDA '13 yang setia menemani ngopi bareng dan membantu seniornya dalam pengerjaan skripsi.
9. Mbak Ucik, Mbak Emmy, Mbak Putri dan Mbak Dila yang tidak pernah ragu untuk memarahi dan menasehati penulis jika penulis melakukan kesalahan.
10. Ade, Ferdi, Dika, Dicky, Ego, dan pejuang pejuang skripsi KPMKR – Surabaya lainnya.

11. Argado, Fitrah, Kamil, Hendra, Juli, dan teman – teman KPMKR – Surabaya sesama anak rantau yang tidak pernah lelah memberikan dukungan berupa moril dan materil agar tugas akhir ini dapat terselesaikan

Penulis sangat menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan untuk menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini. Vivat!

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pelabuhan.....	5
2.2 Teknologi AIS.....	5
2.3 Logika Fuzzy	7
2.4 Fuzzy Expert System	9
2.5 Tata Cara Berlalu Lintas	10
2.5.1 Pemanduan.....	10
2.5.2 Komunikasi	10
2.5.3 Proses Kapal Masuk.....	11
2.5.4 Proses Kapal Keluar.....	11
2.5.5 Tindakan Menghindari Tubrukan	11
2.5.6 Larangan	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Perumusan Masalah	15
3.2 Studi Literatur	15
3.3. Pengumpulan Data AIS.....	15
3.4 Perancangan Sistem	16

3.4.1 Mendefinisikan Pergerakan Kapal	16
3.4.2 Mengelompokkan Pergerakan Kapal	16
3.4.3 Memprediksi Pergerakan Kapal	16
3.5 Validasi	17
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Perancangan Sistem	19
4.1.1 Mendefinisikan Pergerakan Kapal	19
4.1.2 Mengelompokkan Pergerakan Kapal	20
4.1.3 Menentukan Alur Pelayaran Kapal	21
4.1.4 Memprediksi pergerakan kapal selanjutnya.....	24
4.2 Validasi Sistem	30
4.2.1 Pengujian Pergerakan Kapal 1	30
4.2.2 Pengujian Pergerakan Kapal 2	33
BAB V KESIMPULAN.....	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	41
BIODATA PENULIS	57

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 1. 1 Pelabuhan Tanjung Perak</i>	<i>1</i>
<i>Gambar 1. 2 Kapal kapal yang sedang berada di sekitar pelabuhan tanjung perak ..</i>	<i>2</i>
<i>Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Automatic Identification System (AIS)</i>	<i>6</i>
<i>Gambar 2. 2 Konsep Dasar Logika Fuzzy</i>	<i>8</i>
<i>Gambar 3. 1 Diagram Perancangan Sistem Menggunakan Fuzzy Expert System ..</i>	<i>16</i>
<i>Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian</i>	<i>17</i>
<i>Gambar 4. 1 Straight forward</i>	<i>19</i>
<i>Gambar 4. 2 Making a turn</i>	<i>20</i>
<i>Gambar 4. 3 Lying still</i>	<i>20</i>
<i>Gambar 4. 4 Jarak yang Ditempuh Sebuah Kapal</i>	<i>21</i>
<i>Gambar 4. 5 Alur Pelayaran Barat Surabaya</i>	<i>23</i>
<i>Gambar 4. 6 Fungsi Keanggotaan Delta V</i>	<i>24</i>
<i>Gambar 4. 7 Fungsi Keanggotaan Time</i>	<i>25</i>
<i>Gambar 4. 8 Fungsi Keanggotaan Distance</i>	<i>25</i>
<i>Gambar 4. 9 Fungsi Keanggotaan Prediction Move</i>	<i>27</i>
<i>Gambar 4. 10 Fuzzy Inference System</i>	<i>28</i>
<i>Gambar 4. 11 Rule Editor yang digunakan pada MATLAB</i>	<i>29</i>
<i>Gambar 4. 12 Rule Viewer pada MATLAB</i>	<i>29</i>
<i>Gambar 4. 13 Surface Viewer</i>	<i>30</i>
<i>Gambar 4. 14 Rule pada Fuzzy untuk Prediksi Pergerakan Kapal 1</i>	<i>31</i>
<i>Gambar 4. 15 Pergerakan Kapal 1 pada Google Earth</i>	<i>33</i>
<i>Gambar 4. 16 Rule pada Fuzzy untuk Prediksi Pergerakan Kapal 2</i>	<i>34</i>
<i>Gambar 4. 17 Pergerakan Kapal 2 pada Google Earth</i>	<i>36</i>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2. 1 Jenis Informasi dari AIS</i>	<i>7</i>
<i>Tabel 4. 1 Alur Pelayaran Barat Surabaya</i>	<i>22</i>
<i>Tabel 4. 2 Parameter Input Logika Fuzzy.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabel 4. 3 Data Kapal 1</i>	<i>30</i>
<i>Tabel 4. 4 Data AIS Kapal 1</i>	<i>31</i>
<i>Tabel 4. 5 Hasil Prediksi Fuzzy untuk Pergerakan Kapal 1</i>	<i>32</i>
<i>Tabel 4. 6 Data Kapal 2.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabel 4. 7 Data AIS Kapal 2</i>	<i>34</i>
<i>Tabel 4. 8 Hasil Prediksi Fuzzy untuk Pergerakan Kapal 2</i>	<i>35</i>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

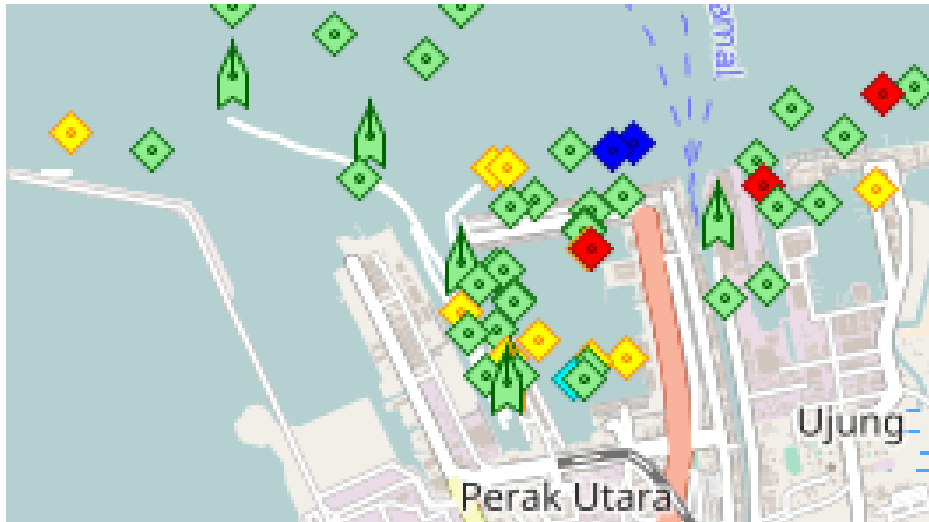
1.1 Latar Belakang

Pelabuhan merupakan unsur penting dalam kegiatan ekonomi dan pemerintahan sebagai tempat berlabuh dan bersandarnya kapal. Di pelabuhan juga terdapat aktifitas bongkar muat barang dari dan ke atas kapal serta kegiatan penunjang lainnya. Semakin berkembangnya suatu pelabuhan menyebabkan terjadinya kepadatan (*density*) akibat lalu lintas (*traffic*) kapal di daerah pelabuhan tersebut.



*Gambar 1. 1 Pelabuhan Tanjung Perak
(sumber: www.alambudaya.com)*

Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, yang dapat dilihat pada Gambar 1. 1 merupakan salah satu pelabuhan kelas satu di Indonesia dimana lalu lintas kapal keluar masuk pelabuhan sangat tinggi. Tercatat sebanyak 12482 unit kunjungan kapal pada tahun 2016 untuk kapal lingkup dalam negeri dan 2009 unit kunjungan kapal luar negeri (Farmita, 2017). Semakin meningkatnya kepadatan lalu lintas kapal, mengakibatkan perlu adanya suatu sistem untuk memonitor lalu lintas kapal guna meningkatkan keamanan dan keselamatan pelayaran di Pelabuhan Tanjung Perak. Gambar 1. 2 menunjukkan pelabuhan tanjung perak dan kapal kapal yang sedang berada di sekitarnya.



Gambar 1. 2 Kapal kapal yang sedang berada di sekitar pelabuhan tanjung perak
(sumber: www.ais.its.ac.id)

International Maritime Organization (IMO) mengharuskan kapal diatas 300 GT untuk memasang perangkat *Automatic Identification System (AIS)* untuk kapal kapal yang berlayar di perairan lokal maupun internasional. Melalui perangkat AIS, setiap kapal diharuskan mengirimkan informasi berupa data kapal, posisi kapal, kecepatan kapal serta informasi informasi lainnya kepada pelabuhan yang diperbaharui seriap 2 sampai 10 detik (Fransisko, 2016).

Dengan memanfaatkan teknologi AIS, pada skripsi ini dirancang suatu *Traffic Monitoring System* yang berfungsi untuk memonitor pergerakan dan kepadatan kapal di sekitar pelabuhan Tanjung Perak menggunakan *Fuzzy Expert System*. Dengan metode ini, posisi kapal pada waktu tertentu dapat diketahui menggunakan trajectory kapal yang telah ada sebelumnya. Posisi kapal yang telah diketahui dapat membantu untuk memperkirakan adanya tabrakan atau tidak.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan dari pelaksanaan skripsi ini adalah berikut:

1. Bagaimana menentukan dan mengelompokkan tipe pergerakan kapal di daerah pelabuhan Tanjung Perak Surabaya?
2. Bagaimana memprediksi kecepatan, posisi, dan arah heading kapal sehingga dapat diketahui kapal – kapal yang mempunyai pergerakan keluar dari alur yang telah ditetapkan?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Sistem yang dirancang untuk memonitor lalu lintas kapal dengan cara memprediksi kecepatan dan arah heading kapal pada lalu lintas di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

2. Prediksi arah heading kapal ditentukan dengan 2 keluaran yaitu berjalan lurus dan berbelok.
3. Kapal diasumsikan berbelok jika mengalami perubahan arah gerak lebih dari 22.5° .
4. Perancangan sistem dilakukan berdasarkan data AIS (*Automatic Identification System*).
5. Analisa dilakukan dengan *fuzzy system* menggunakan software MATLAB.

1.4 Tujuan

Dari perumusan masalah diatas maka dapat ditentukan tujuan dari skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan dan mengelompokkan tipe pergerakan kapal di daerah pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.
2. Memprediksi arah heading kapal sehingga dapat diketahui kapal – kapal yang mempunyai pergerakan keluar dari alur yang telah ditetapkan.

1.5 Manfaat

Manfaat dari pengerjaan skripsi ini adalah membantu pihak pelabuhan Tanjung Perak untuk memonitor lalu lintas kapal guna meningkatkan keamanan dan keselamatan kapal dan pelabuhan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelabuhan

Berdasarkan UU No. 17 Tahun 2008 tentang pelayaran, pelabuhan merupakan tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan/atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi.

Tanjung Perak merupakan salah satu pelabuhan pintu gerbang di Indonesia. Sebagai pelabuhan pintu gerbang, maka Tanjung Perak telah menjadi pusat kolektor dan distributor barang ke Kawasan Timur Indonesia, khususnya untuk Propinsi Jawa Timur. Dalam masa pembangunan ini, usaha-usaha pengembangan terus dilakukan oleh pelabuhan Tanjung Perak yang diarahkan pada perluasan dermaga, khususnya dermaga kontainer, perluasan dan penyempurnaan berbagai fasilitas yang ada, pengembangan daerah industri di kawasan pelabuhan. pembangunan terminal penumpang dan fasilitas-fasilitas lainnya yang berkaitan dengan perkembangan pelabuhan-pelabuhan modern.

2.2 Teknologi AIS

Automatic Identification System (AIS) adalah sebuah sistem komunikasi yang digunakan pada kapal dan *Vessel Traffic Services (VTS)* atau pelayaran lalu lintas kapal. AIS berfungsi untuk identifikasi lokasi tempat berlayarnya kapal, serta dapat menukar data secara elektronik termasuk identifikasi, posisi, kegiatan atau keadaan kapal, dan kecepatan, dengan kapal terdekat yang lainnya dan stasiun *VTS*. *International Maritime Organization (IMO) International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)* mewajibkan penggunaan AIS pada pelayaran kapal internasional dengan *Gross Tonnage (GT)* lebih dari sama dengan 300 GT, dan semua kapal penumpang tanpa memperhatikan segala ukuran. AIS merupakan alat komunikasi otonomi antar kapal. Prinsip kerja dari AIS adalah setiap kapal mengirimkan data ke AIS kapal lain yang sudah dilengkapi AIS dalam jangkauan VHF.

AIS dibedakan menjadi dua, yaitu kelas A dan kelas B. perbedaan dari keduanya hanya terletak pada informasi yang dapat dikirim ataupun diterima. AIS kelas A setiap tiga menit akan mengirimkan data data sebagai berikut:

- a. *MMSI number*
- b. *Navigation status*
- c. *Rate of turn*
- d. *Speed over ground*
- e. *Position accuracy*
- f. *Longitude*

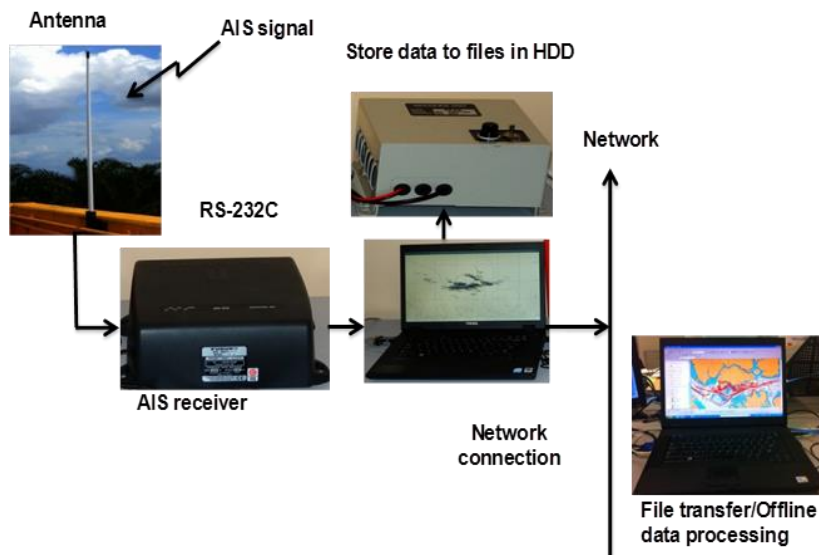
g. *Time stamp*

Setiap enam menit AIS akan mengirimkan data data sebagai berikut:

- a. *MMSI number*
- b. *IMO number*
- c. *Radio call sign*
- d. *Name - Name of ship*
- e. *Type of ship/cargo*
- f. *Dimensions of ship*
- g. *Location on ship where reference point for position reports is located*
- h. *Type of position fixing device*
- i. *Draught of ship*
- j. *Destination*
- k. *Estimated time of Arrival at destination*

Sedangkan untuk AIS kelas B sama seperti kelas A di atas kecuali untuk beberapa hal, yaitu:

- a. Informasi yang dikirim lebih jarang dari kelas A.
- b. Tidak mentransmisikan the vessel's *IMO number or call sign*.
- c. Tidak mentransmisikan *ETA* atau *destination*.
- d. Tidak mentransmisikan *navigational status*.
- e. Hanya digunakan untuk menerima, tidak mentransmisikan, *text safety messages*.
- f. Hanya digunakan untuk menerima, tidak mentransmisikan, *application identifiers (binary messages)*.
- g. Tidak mentransmisikan *rate of turn information*.
- h. Tidak mentransmisikan *maximum present static draught*.



Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Automatic Identification System (AIS)
(sumber: Ibnu Suud, 2010)

Prinsip kerja AIS ditunjukkan pada Gambar 2. 1 dimana terjadi pengiriman dan penukaran data secara elektronik dari kapal ikan yang terpasang AIS ke kapal ikan terdekat lainnya yang juga memasang AIS dan Stasiun VTS yang ada di darat (*VTS Center*). Transponder AIS menayangkan informasi secara otomatis yaitu posisi, kecepatan, dan status navigasi pada interval waktu tertentu melalui transmitter VHF yang terpasang pada transponder. Informasi tersebut diambil langsung dari sensor navigasi kapal. Informasi lain yaitu nama kapal dan kode pemanggil VHF diprogram ketika memasang peralatan yang juga ditransmisikan secara berkala. Sinyal VHF diterima oleh transponder AIS yang dipasang pada kapal ataupun stasiun yang ada di darat. Informasi yang diterima dapat ditampilkan pada sebuah layar atau plot grafik yang menunjukkan posisi kapal lain dengan tampilan sesuai yang terdapat pada layar radar (Kanmon Kaikyo Traffic, 2008)

Posisi dan data lain disediakan secara otomatis dari sensor kapal ke dalam sistem AIS, dimana data tersebut diformat dan dipancarkan dalam data pendek yang cepat pada saluran *VHF*. Ketika kapal lain menerima data, data tersebut diartikan dan ditunjukkan pada pengawas kapal, yang bisa melihat laporan AIS dari kapal lain yang sudah dilengkapi grafis dan teks format. Data AIS bisa juga di simpan dalam *VDR (Voyage Data Recorder)* kapal untuk analisis rekaman kembali di masa depan.

Pada Tabel 2. 1 menjelaskan mengenai jenis informasi yang dapat diberikan oleh AIS yang meliputi informasi statis dan dinamis. Informasi dinamis diperbarui setiap 2 sampai 10 detik tergantung pada kecepatan kapal sedangkan informasi statis terdiri dari IMO (*International Maritim Organization*) number, ships name, call sign, dimensi kapal yaitu *length and beam*, tipe kapal dan lokasi antenna pemancar. Sedangkan untuk data dinamis meliputi posisi kapal, arah kapal, kecepatan kapal, *heading*, dan status navigasional sudut putar kapal. Dari data kecepatan dan posisi kapal dapat diketahui pola pergerakan kapal (Aisyah, 2012)

Tabel 2. 1 Jenis Informasi dari AIS

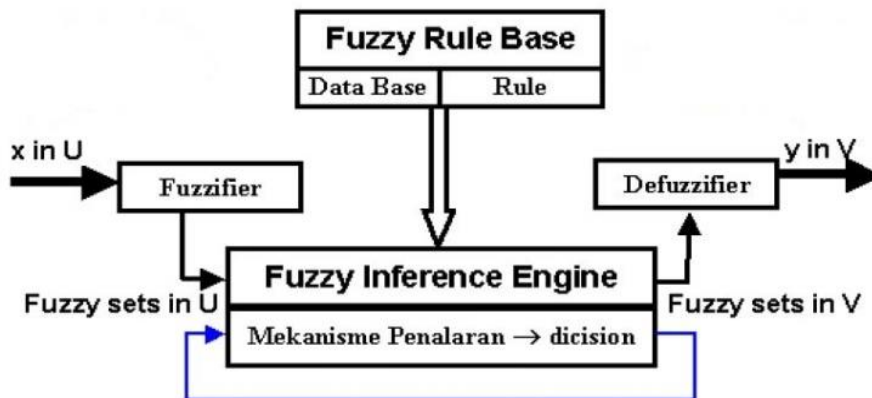
Data Statis	Data Dinamis
a. Nomor IMO	a. Posisi kapal dengan indikasi
b. <i>B. Call sign</i> dan nama kapal	keakuratan dan status integritas
c. Dimensi kapal	b. Waktu dalam <i>Coordinate Universal</i>
d. Tipe kapal	<i>Time (UTC)</i>
e. Lokasi antenna pemancar	c. Arah kapal
	d. Kecepatan kapal
	e. <i>Heading</i>

2.3 Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang masukan ke dalam suatu ruang keluaran. Fuzzy dinyatakan dalam derajat suatu keanggotaan dan kebenaran. Oleh karena itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama. Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam

bentuk *linguistik*, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan" dan "sangat" (Zadeh, 1965).

Kelebihan dari teori logika fuzzy adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (*linguistic reasoning*). Sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari objek yang akan dikendalikan. Secara umum, logika fuzzy terdiri dari beberapa komponen, yaitu *Fuzzifier*, *Fuzzy Rule Base*, *Fuzzy Inference Engine* dan *Defuzzifier*, seperti diperlihatkan pada Gambar 2. 2 berikut.



Gambar 2. 2 Konsep Dasar Logika Fuzzy
(sumber: Ibnu Suud, 2010)

Fungsi bagian pada Gambar 2. 2 diatas adalah sebagai berikut:

- Fuzzifier digunakan untuk mentransformasikan sinyal masukan yang bersifat crisp (bukan fuzzy) menjadi himpunan fuzzy dengan menggunakan operator fuzzifikasi. Pemetaannya dilakukan dengan menggunakan fungsi yang disebut membership function. Proses fuzzifikasi dalam perancangan kendali logika fuzzy akan mempunyai performansi yang lebih baik jika proses penentuan fungsi keanggotaan yang dipakai sesuai dengan karakteristik dari sistem yang akan dikendalikan.
- Fuzzy rule base* berisi basis data dan aturan dasar yang mendefinisikan himpunan fuzzy atas daerah-daerah masukan dan keluaran. Kemudian menyusunnya dalam perangkat aturan kendali. Basis pengetahuan terdiri dari basis aturan (*Rule Base*) dan fakta (*Data Base*). Basis Aturan berisi informasi tentang cara membangkitkan fakta baru atau hipotesa fakta yang sudah ada. Sedangkan fakta merupakan bagian pengetahuan yang memuat informasi tentang objek, peristiwa, atau situasi. Fakta umumnya menyatakan kondisi statik dari suatu objek. Pada *Fuzzy rule base* berisi pernyataan-pernyataan logika fuzzy (*fuzzy statement*), yang berbentuk pernyataan *If-Then*.
- Fuzzy inference engine* menerjemahkan pernyataan-pernyataan fuzzy dalam *rule base* sehingga menjadi perhitungan matematika (*fuzzy combinational*). Tahapan ini merupakan inti dari logika fuzzy yang mempunyai kemampuan

seperti manusia dalam mengambil keputusan. Aksi atur fuzzy disimpulkan dengan menggunakan implikasi fuzzy dan mekanisme inferensi fuzzy.

- d. *Defuzzifier* berfungsi untuk mentransformasikan kesimpulan tentang aksi atur yang bersifat fuzzy menjadi sinyal sebenarnya yang bersifat *crisp* dengan menggunakan operator defuzzifikasi. Terdapat beberapa metode defuzzifier, 3 diantaranya yaitu: *Center of gravity defuzzifier*, *Center average defuzzifier*, *Maximum defuzzifier*.

2.4 Fuzzy Expert System

Expert system atau sistem pakar adalah salah satu bagian dari kecerdasan buatan dimana didalamnya terdapat data-data yang berasal dari seorang pakar. James P. Ignizio mengatakan bahwa sistem pakar adalah suatu program komputer yang dibuat dengan berdasarkan bidang tertentu, yang mana tingkat keahlian dari program tersebut untuk menangani masalah, sebanding dengan kemampuan seorang ahli di bidang tersebut (Ignizio, 1991). Dengan kata lain *expert system* mempunyai *knowledge* atau pengetahuan seperti halnya seorang pakar. *Expert system* di dalam bekerja berdasarkan *rule based* yang disimpan di dalam *database*.

Bentuk umum *rule based* yang dipakai dalam expert system adalah *if A then B* atau jika A maka B, dimana A disebut sebagai premis dan B disebut sebagai konklusi. Di dalam pengerjaan dengan metode *rule based* banyak ditemui kelemahan kelemahan yaitu:

- Membutuhkan pencocokan yang benar-benar pas, contohnya jika sakit kepala dan suhu badan naik maka terkena demam. Jika diberi pernyataan sakit kepala saja, maka *rule* diatas tidak dapat memberi kesimpulan apakah terkena demam atau tidak.
- Seringkali sulit untuk menghubungkan *rule-rule* yang berhubungan dengan sebuah inference chain (otak dari system pakar untuk melakukan pengecekan dari *rule* yang satu ke *rule* lainnya).
- Bisa menjadi sangat lambat jika menampung banyak *rule*.
- Tidak cocok untuk permasalahan tertentu.

Untuk mengatasi kekurangan dari sistem pakar yang berbasis *rule*, maka dikembangkan suatu sistem pakar yang berbasis *fuzzy* sebagai pengolahannya sehingga sistem tersebut dikenal dengan *fuzzy expert system*. *Fuzzy expert system* adalah suatu sistem pakar yang menggunakan perhitungan *fuzzy* dalam mengolah *knowledge* untuk menghasilkan konsekuensi, premis dengan konklusi atau kondisi dengan akibat sehingga menghasilkan informasi yang memiliki keakuratan kepada end user atau pengguna.

Bentuk umum *fuzzy expert system* hampir sama dengan bentuk *rule based* pada *expert system* yaitu *if A then B* dimana A dan B (Klir & Yuan, 1995). *Knowledge based fuzzy set* adalah suatu logika *fuzzy* untuk menyatakan suatu ketidakpastian dalam menentukan keanggotaan suatu elemen terhadap suatu set dengan memberikan membership degree antara 0 sampai dengan 1 yang diberikan oleh beberapa orang (*knowledge*) (Intan & Mukaidono, 2002)

2.5 Tata Cara Berlalu Lintas

Dalam meningkatkan efisiensi dan menekan angka kecelakaan kapal maka perlu diatur tata cara berlalu lintas terutama di alur pelayaran arat Surabaya (APBS) sebagaimana diatur sebagai berikut.

2.5.1 Pemanduan

- a. Pemanduan kapal berukuran Tonage Kotor GT 500 atau lebih yang berlayar di perairan wajib pandu, wajib menggunakan pelayanan jasa dan pemanduan kapal.
- b. Mesin penggerak utama dan alat navigasi harus dalam kondisi baik dan normal untuk olah gerak kapal;
- c. Mengibarkan bendera "G" pada siang hari dan menyalakan lampu putih merah pada malam hari apabila kapal sedang menunggu petugas pandu;
- d. Mengibarkan bendera "H" pada siang hari dan menyalakan lampu putih merah pada malam hari apabila petugas pandu diatas kapal;
- e. Mengibarkan bendera "Q" pada siang hari dan menyalakan lampu putih merah pada malam hari bagi kapal yang baru tiba dari luar negeri, petugas petugas pandu hanya diperbolehkan naik ke kapal untuk membawa kapal apabila kapal telah dinyatakan bebas dari penyakit menular oleh petugas karantina kesehatan (free pratique) dan bendera kuning telah diturunkan.

2.5.2 Komunikasi

- a. Pemilik operator kapal atau nakhoda wajib memberitahukan rencana kedatangan kapalnya kepada Kantor Kesyahbandaran Utama Tanjung Perak Surabaya dan/ atau Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Kelas II Gresik dengan mengirimkan telegram radio nakhoda (master cable) kepada Kantor Kesyahbandaran Utama Tanjung Perak Surabaya dan Kantor Kesyahbandaran dan / atau Otoritas Pelabuhan Kelas II Gresik melalui stasiun radio pantai dengan tembusan kepada perusahaan angkutan laut atau agen umum dalam waktu paling lama 48 (empat puluh delapan) jam sebelum kapal tiba di pelabuhan;
- b. Setiap kapal yang memasuki dan keluar alur-pelayaran wajib melapor kepada stasiun VTS Surabaya melalui channel 68 dan 83;
- c. Komunikasi antara petugas pandu/ kapal/ motor petugas pandu dapat menggunakan Bahasa Indonesia dan atau Bahasa Inggris dengan radio VHF pada channel 12;
- d. Komunikasi dengan kapal sebelum petugas pandu di atas kapal dilakukan Nakhoda harus memberikan keterangan kepada petugas pandu antara lain, kondisi, sifat, cara, data, karakteristik dan lain- lain yang berkaitan dengan kemampuan olah gerak kapal;

2.5.3 Proses Kapal Masuk

a. Dalam kondisi normal

- 1) Kecepatan kapal di sekitar pelampung suar menuju pelampung suar pengenalan disarankan dengan maneuvering speed, sampai motor petugas pandu dapat merapat di kapal untuk menaikkan petugas pandu;
- 2) Setiap kapal harus senantiasa bergerak dengan kecepatan aman sehingga dapat mengambil tindakan yang tepat dan berhasil guna untuk menghindari tubrukan dan dapat diberhentikan dalam suatu jarak yang sesuai dengan keadaan dan suasana yang ada;
- 3) Setiap tindakan yang dilakukan untuk menghindari tubrukan, jika keadaan mengizinkan, harus tegas, dilakukan dalam waktu yang cukup lapang dan benar-benar memperhatikan syarat-syarat kepelautan yang baik;
- 4) Jika kondisi dermaga sedang penuh atau nakhoda memutuskan untuk berlabuh terlebih dahulu, kapal dapat berlabuh di daerah labuh kapal yang sudah disediakan;
- 5) Jika proses administrasi kelengkapan dokumen selesai dan sudah tersedia posisi tambat untuk kapal di dermaga, petugas pandu akan menginformasikan ke kapal bahwa petugas pandu akan naik dan memandu kapal hingga tambat di pelabuhan.

b. Dalam kondisi angin di atas normal kabut hujan lebat gelombang tinggi

- 1) Kecepatan kapal di sekitar pelampung suar pengenalan disarankan menggunakan maneuvering speed;
- 2) Untuk memasuki alur-pelayaran dalam kondisi kabut hujan lebat, kapal mempergunakan sarana navigasi visual, elektronik (radar j GPSj AIS) dan peralatan navigasi lainnya secara baik dan tepat guna.

2.5.4 Proses Kapal Keluar

- a. Petugas pandu melaporkan kepada syabandar dan atau stasiun VTS Surabaya mengenai draft kapal dan jam kapal mulai dipandu keluar;
- b. Meminta informasi ke stasiun VTS Surabaya mengenai pergerakan kapal yang keluar j masuk alur;
- c. Arahkan haluan menuju bagian tengah alur dan berlayar menuju outer buoy;
- d. Sesampainya di pilot boarding ground, petugas pandu turun dan dijemput oleh motor pandu.

2.5.5 Tindakan Menghindari Tubrukan

a. Pengaturan tindakan untuk menghindari tubrukan meliputi:

- 1) Setiap tindakan yang dilakukan untuk menghindari tubrukan, jika keadaan mengizinkan, harus tegas, dilakukan dalam waktu yang cukup lapang dan benar-benar memperhatikan syarat - syarat kepelautan yang baik;
- 2) Setiap perubahan haluan dan atau kecepatan untuk menghindari tubrukan, jika keadaan mengizinkan, harus cukup besar sehingga segera menjadi jelas bagi kapal lain yang sedang mengamati dengan penglihatan atau dengan radar, serangkaian perubahan kecil dari haluan dan atau kecepatan hendaknya dihindari;

- 3) Jika ada ruang gerak yang cukup, perubahan haluan saja mungkin merupakan tindakan yang paling berhasil guna untuk menghindari situasi saling mendekati terlalu rapat, dengan ketentuan bahwa perubahan itu dilakukan dalam waktu yang cukup dini, bersungguh-sungguh dan tidak mengakibatkan terjadinya situasi saling mendekati terlalu rapat;
 - 4) Tindakan yang dilakukan untuk menghindari tubrukan dengan kapal lain harus sedemikian rupa sehingga menghasilkan pelewatan dengan jarak yang aman, hasil guna tindakan itu harus dikaji dengan seksama sampai kapal yang lain itu pada akhirnya terlewati dan bebas sarana sekali;
 - 5) Jika diperlukan untuk menghindari tubrukan atau memberikan waktu yang lebih banyak untuk menilai keadaan, kapal harus mengurangi kecepatannya atau menghilangkan kecepatannya sama sekali dengan memberhentikan atau menjalankan mundur sarana penggerakannya.
- b. Pengaturan tata cara berlalu lintas kapal layar meliputi:
- 1) Bilamana dua kapal sedang saling mendekat sedemikian rupa sehingga akan mengakibatkan bahaya tubrukan, salah satu dari kedua kapal itu harus menghindari kapal yang lain sebagai berikut:
 - a) Bilamana masing-masing mendapat angin di lambung yang berlainan, maka kapal yang mendapat angin di lambung kiri harus menghindari kapal yang lain;
 - b) Bilamana kedua-duanya mendapat angin di lambung yang kanan, maka kapal yang ada di atas angin harus menghindari kapal yang ada di bawah angin;
 - c) Jika kapal mendapat angin di lambung kiri melihat sebuah kapal di atas angin dan tidak dapat menentukan dengan pasti apakah kapal lain itu mendapat angin di lambung kiri atau kanan, maka kapal itu harus menghindari kapal lain itu.
 - 2) Untuk memenuhi aturan ini, sisi atas angin harus dianggap sisi yang berlawanan dengan sisi tempat layar utama berada, atau bagi kapal dengan layar segi empat, adalah sisi yang berlawanan dengan sisi tempat layar membujur itu berada.
- c. Pengaturan penyusulan:
- 1) Setiap kapal yang sedang menyusul kapal lain harus menghindari kapal lain yang sedang disusul;
 - 2) Kapal harus dianggap menyusul bilamana sedang mendekati kapal lain dari arah yang lebih besar daripada 22,5 derajat di belakang arah melintang, yakni dalam suatu kedudukan sedemikian sehingga terhadap kapal yang sedang disusul itu pada malam hari kapal hanya dapat melihat penerangan buritan, tetapi tidak satupun dari penerangan-penerangan lambungnya;
 - 3) Bilamana kapal dalam keadaan ragu-ragu apakah ia sedang menyusul kapal lain atau tidak, kapal itu harus beranggapan bahwa demikianlah halnya dan bertindak sesuai dengan itu;
 - 4) Setiap perubahan baringan antara kedua kapal yang terjadi kemudian tidak akan mengakibatkan kapal yang sedang memotong dalam pengertian

aturan - aturan ini atau membebaskannya dari kewajiban untuk menghindari kapal yang sedang disusul itu sampai kapal tersebut dilewati dan bebas sarna sekali.

- d. Pengaturan tata cara berlalu lintas kapal dalam situasi berhadap-hadapan meliputi:
 - 1) Bilamana dua kapal tenaga sedang bertemu dengan haluan-haluan berlawanan atau hampir berlawanan sehingga akan mengakibatkan bahaya tubrukan, masing-masing harus, mengubah haluannya ke kanan sehingga masing-masing akan berpapasan di lambung kirinya;
 - 2) Situasi demikian itu harus dianggap ada bilamana kapal melihat kapal lain tepat atau hampir di depan dan pada malam hari kapal itu dapat melihat penerangan-penerangan tiang kapal lain tersebut terletak segaris atau hampir segaris dan/atau kedua penerangan lambung serta pada siang hari kapal itu mengamati gatra (aspek) yang sesuai mengenai kapal lain tersebut;
 - 3) Bilamana kapal dalam keadaan ragu-ragu atas terdapatnya situasi demikian, kapal itu harus beranggapan bahwa situasi itu ada dan bertindak sesuai dengannya.

- e. Dalam pengaturan tata cara berlalu lintas kapal dalam situasi memotong, bilamana dua kapal tenaga sedang berlayar dengan haluan saling memotong sedemikian rupa sehingga akan mengakibatkan bahaya tubrukan, kapal yang mendapati kapal lain di sisi kanannya harus menghindar, dan jika keadaan mengizinkan, harus menghindarkan dirinya memotong di depan kapal lain itu. Dalam pengaturan tata cara tindakan kapal menghindari, setiap kapal yang diwajibkan menghindari kapal lain, sedapat mungkin melakukan tindakan secara dini dan tegas untuk tetap bebas sarna sekali. Dalam pengaturan tanggung jawab antar kapal meliputi:
 - 1) Kapal bermesin yang sedang berlayar harus menghindari:
 - a) kapal yang tidak terkendalikan;
 - b) kapal yang kemampuannya olah geraknya terbatas;
 - c) kapal yang sedang menangkap ikan;
 - d) kapal layar.
 - 2) Kapal layar yang sedang berlayar harus menghindari:
 - a) kapal yang tidak terkendalikan;
 - b) kapal yang kemampuan olah geraknya terbatas;
 - c) kapal yang sedang menangkap ikan.
 - 3) Kapal yang sedang menangkap ikan sedapat mungkin harus menghindari:
 - a) kapal yang tidak terkendalikan;
 - b) kapal yang olah geraknya terbatas.

- 4) Setiap kapal, kecuali kapal yang tidak dapat dikendalikan atau kapal yang kemampuannya olah gerakannya terbatas, jika keadaan mengizinkan harus menghindarkan dirinya merintang jalan aman sebuah kapal yang terkendala oleh saratnya;
- 5) Kapal yang terkendala oleh saratnya harus berlayar dengan kewaspadaan khusus dengan benar- benar memperhatikan keadaannya yang khusus itu.

2.5.6 Larangan

- a. Kapal dilarang memasuki alur-pelayaran dengan under keel clearance (UKC) kurang dari 10 % dari sarat (draft), kecuali atas izin syahbandar;
- b. Kapal ikan dilarang menangkap ikan di alur-pelayaran;
- c. Kapal dilarang masuk perairan wajib pandu tanpa mendapat pemanduan dari petugas pandu;
- d. Petugas pandu dilarang meninggalkan kapal yang dipandu dalam kondisi dan situasi:
 - 1) kapal kandas
 - 2) kapal tubrukan;
 - 3) kerusakan mesin/ kemudi;
 - 4) keadaan lain yang mengganggu lalu lintas kapal.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pelaksanaan skripsi. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan dalam skripsi.

Pencarian masalah dilakukan dengan cara menggali informasi mengenai masalah yang terjadi pada saat ini. Dari tahap ini juga, tujuan mengapa skripsi ini dikerjakan dapat diketahui.

Dalam skripsi ini, akan membahas bagaimana cara memprediksi pergerakan dan heading kapal di pelabuhan tanjung perak dengan menggunakan sistem pakar (*fuzzy expert*).

3.2 Studi Literatur

Setelah suatu permasalahan sudah diketahui, maka selanjutnya adalah studi literatur. Dimana yang harus dilakukan pada tahap ini, adalah mencari referensi permasalahan-permasalahan yang ada berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada skripsi ini, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan.

Studi literatur dapat dilakukan dengan cara membawa paper atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan.

Studi literature diharapkan dapat membantu melancarkan pengerjaan skripsi karena dengan studi literatur, dapat mengetahui pengetahuan mana dan apa saja yang cocok dengan pengerjaan skripsi ini.

3.3. Pengumpulan Data AIS

Setelah dilakukan perumusan masalah dan studi literature, langkah selanjutnya adalah pengumpulan data yang harus disiapkan yang digunakan sebagai bahan yang diolah dalam pengerjaan skripsi.

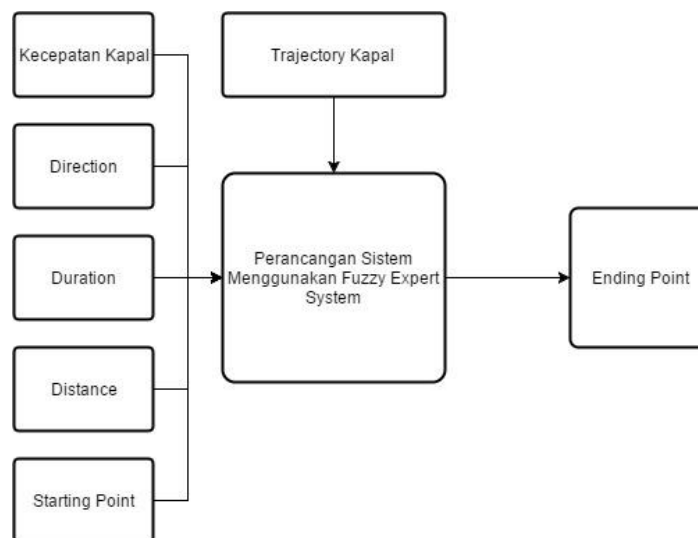
Data yang dikumpulkan berupa data AIS yang akan diolah sebagai variabel masukan sistem. Dalam al ini, data tersebut antara lain:

- Data Trajectory Kapal
- Data Kapal berupa
 - o Ship ID
 - o Time
 - o Latitude
 - o Longitude
 - o Speed

Data yang dikumpulkan tersebut bisa dipakai sebagai bahan untuk memprediksi pergerakan dan heading kapal di pelabuhan tanjung perak guna memonitor keamanan dan keselamatan kapal di pelabuhan.

3.4 Perancangan Sistem

Dari data yang telah dikumpulkan, akan Perancangan monitoring dengan menggunakan If- Then Rule dimana seluruh informasi tentang kondisi lingkungan pelabuhan akan dibangun dan menjadi monitoring system. Setiap informasi akan dibuat sebagai Rule yang nanti akan dipergunakan untuk menganalisa kapal-kapal yang berlayar di pelabuhan tanjung Perak Surabaya. Dari hasil analisa ini akan diketahui kapal yang mengancam atau membahayakan pelabuhan. Skema perancangan sistem menggunakan *fuzzy expert system* dapat dilihat pada Gambar 3. 1.



Gambar 3. 1 Diagram Perancangan Sistem Menggunakan Fuzzy Expert System

3.4.1 Mendefinisikan Pergerakan Kapal

Berdasarkan data AIS, pergerakan kapal didefinisikan berdasarkan trajectory kapal yang telah diplot menggunakan aplikasi google earth untuk mendapatkan jenis jenis pergerakan kapal seperti; *lying still* (diam), *make a turn* (berbelok), atau *straight forward* (lurus).

3.4.2 Mengelompokkan Pergerakan Kapal

Setelah melakukan pendefinisian pergerakan kapal, selanjutnya melakukan pengelompokkan pergerakan kapal berdasarkan jenis pergerakan dan ukuran kapalnya.

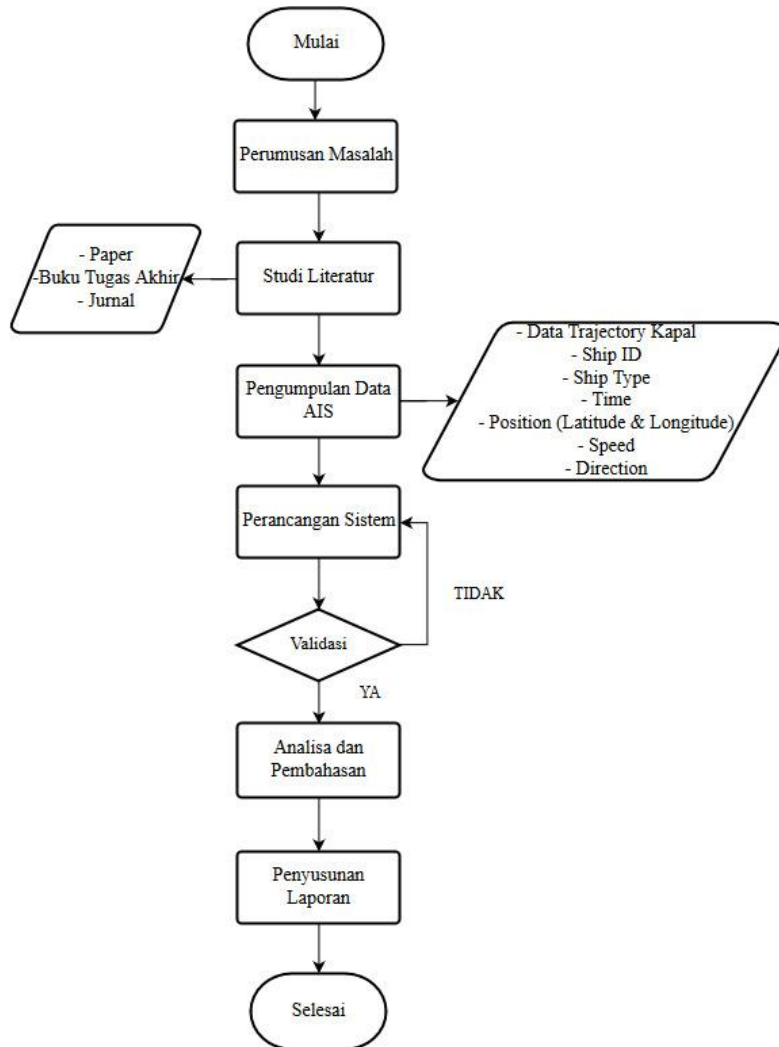
3.4.3 Memprediksi Pergerakan Kapal

Prediksi pergerakan kapal dilakukan dengan melakukan perancangan sistem pada aplikasi MATLAB dengan menggunakan tools fuzzy.

3.5 Validasi

Dari sistem yang telah dirancang akan dilakukan validasi terhadap kondisi yang sebenarnya. Validasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar keakuratan sistem yang telah dirancang.

Jika sistem yang divalidasi masih kurang akurat, dilakukan perancangan ulang sistem hingga validasi yang diinginkan telah tercapai.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Sistem

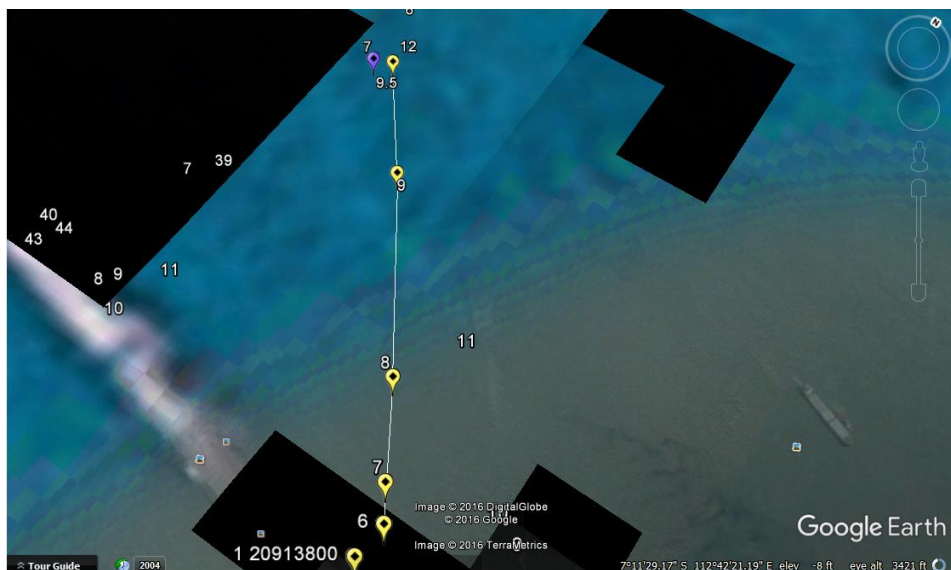
4.1.1 Mendefinisikan Pergerakan Kapal

Pergerakan kapal didefinisikan sebagai bagian dari trayek kapal dengan dimulai dan diakhiri dari segi lokasi, waktu, kecepatan, dan arah kapal (Van Der Velden, 2010).

Menurut Van der velden (2010), berdasarkan pada sifat tertentu dari kapal yang menunjukkan banyaknya titik pada suatu trayek, pergerakan kapal dibagi menjadi;

- *Sailing straight forward*
- *Making a turn*
- *Lying still*

Untuk mendapatkan trayek yang dilalui sebuah kapal digunakan data AIS berupa *latitude* dan *longitude* kapal dari satu waktu ke waktu lainnya. Data tersebut kemudian diplot menggunakan aplikasi *google earth* untuk memperlihatkan trayek sebuah kapal. Dengan melihat trayeknya maka pergerakan yang dilakukan kapal tersebut juga akan diketahui, apakah kapal berjalan lurus (*straight forward*), berbelok (*making a turn*), atau diam (*lying still*). Gambar 4. 1 Gambar 4. 2, dan Gambar 4. 3 masing masing menunjukkan macam macam pergerakan dari sebuah kapal.



Gambar 4. 1 Straight forward



Gambar 4. 2 Making a turn



Gambar 4. 3 Lying still

4.1.2 Mengelompokkan Pergerakan Kapal

Pergerakan kapal dikelompokkan untuk melihat pergerakan kapal yang dapat mewakili keberagaman pergerakan kapal. Untuk mengelompokkan pergerakan kapal terlebih dahulu harus menemukan kesamaan dari tiap pergerakan tersebut.

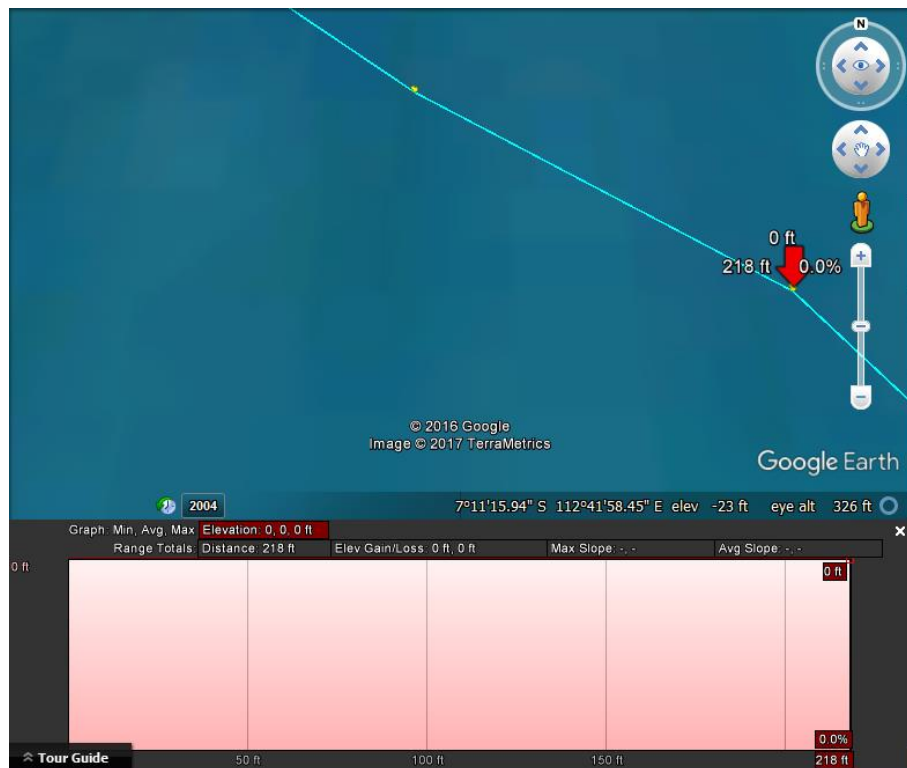
Kesamaan atau kemiripan dari tiap pergerakan kapal didapatkan berdasarkan:

- a. Waktu (*time*)

Waktu adalah waktu yang ditempuh sebuah kapal dari satu posisi ke posisi selanjutnya. Waktu didapatkan dengan membagi jarak yang ditempuh dengan kecepatan yang digunakan kapal dari satu posisi ke posisi lainnya.

b. Jarak (*distance*)

Jarak adalah panjang alur yang ditempuh sebuah kapal dari posisi satu ke posisi selanjutnya. Jarak didapatkan dengan cara memplotkan data AIS yang berupa *latitude* dan *longitude* ke aplikasi *google earth*. Dengan bantuan aplikasi tersebut akan diketahui panjangnya alur yang ditempuh sebuah kapal. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4. 4



Gambar 4. 4 Jarak yang Ditempuh Sebuah Kapal

c. Kecepatan (*speed*)

Kecepatan sebuah kapal dari posisi satu ke posisi selanjutnya didapatkan dari data AIS yang dapat dilihat pada lampiran.

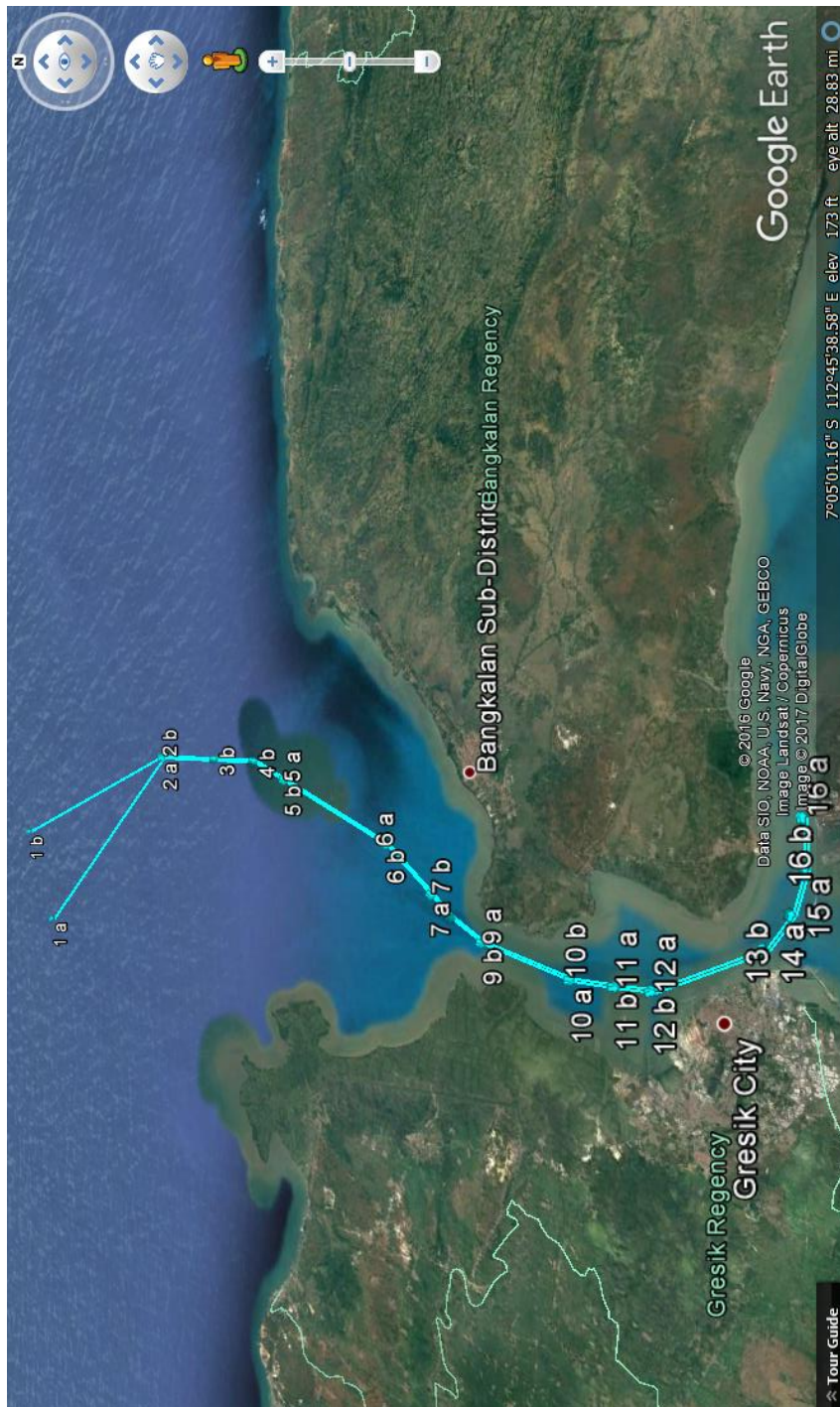
4.1.3 Menentukan Alur Pelayaran Kapal

Berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KP 455 Tahun 2016 tentang Penetapan Alur Pelayaran, Sistem Rute, Tata Cara Berlalu Lintas dan Daerah Labuh Kapal sesuai Dengan Kepentingannya Di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS), maka APBS terdapat pada posisi koordinat yang ditunjukkan pada Tabel 4. 1.

Tabel 4. 1 Alur Pelayaran Barat Surabaya

No	Posisi Koordinat	No	Posisi Koordinat
1A	06° 37' 59.780" LS / 112° 31' 45.300" BT	1B	06° 35' 59.710" LS / 112° 41' 14.421" BT
2A	06° 46' 12.900" LS / 112° 44' 40.080" BT	2B	06° 46' 11.490" LS / 112° 44' 44.890" BT
3A	06° 49' 29.320" LS / 112° 44' 40.080" BT	3B	06° 49' 29.320" LS / 112° 44' 44.960" BT
4A	06° 52' 04.180" LS / 112° 45' 00.170" BT	4B	06° 52' 05.390" LS / 112° 45' 05.080" BT
5A	06° 53' 20.491" LS / 112° 44' 05.532" BT	5B	06° 53' 22.127" LS / 112° 44' 10.136" BT
6A	06° 58' 10.112" LS / 112° 42' 22.446" BT	6B	06° 58' 12.367" LS / 112° 42' 26.829" BT
7A	07° 00' 02.492" LS / 112° 41' 03.928" BT	7B	07° 00' 05.313" LS / 112° 41' 07.917" BT
8A	07° 00' 50.171" LS / 112° 40' 29.686" BT	8B	07° 00' 52.645" LS / 112° 40' 33.925" BT
9A	07° 02' 01.634" LS / 112° 39' 56.451" BT	9B	07° 02' 03.148" LS / 112° 40' 01.135" BT
10A	07° 05' 06.080" LS / 112° 39' 23.280" BT	10B	07° 05' 06.470" LS / 112° 39' 28.150" BT
11A	07° 06' 30.685" LS / 112° 39' 26.255" BT	11B	07° 06' 30.371" LS / 112° 39' 31.133" BT
12A	07° 07' 38.568" LS / 112° 39' 30.636" BT	12B	07° 07' 37.359" LS / 112° 39' 35.457" BT
13A	07° 10' 40.220" LS / 112° 40' 56.800" BT	13B	07° 10' 37.010" LS / 112° 41' 00.580" BT
14A	07° 11' 19.480" LS / 112° 41' 50.510" BT	14B	07° 11' 15.080" LS / 112° 41' 52.710" BT
15A	07° 11' 37.997" LS / 112° 42' 53.418" BT	15B	07° 11' 33.011" LS / 112° 42' 54.314" BT
16A	07° 11' 34.710" LS / 112° 44' 03.070" BT	16B	07° 11' 29.830" LS / 112° 44' 02.840" BT

Sesuai dengan posisi koordinat pada Tabel 4. 1 di atas, letak APBS pada aplikasi *google earth* dapat dilihat pada Gambar 4. 5



Gambar 4. 5 Alur Pelayaran Barat Surabaya

4.1.4 Memprediksi pergerakan kapal selanjutnya

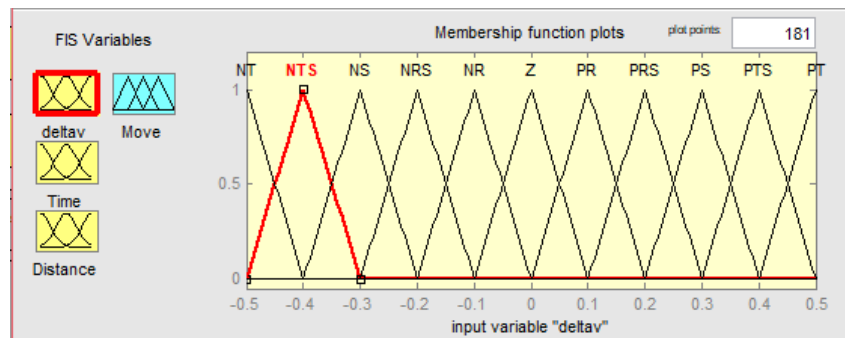
Prediksi pergerakan kapal dilakukan dengan bantuan tools *fuzzy* pada *software* MATLAB. Langkah langkah untuk melakukan fuzzy logic adalah sebagai berikut:

1. *Fuzzification*

Dari pengelompokkan pergerakan kapal yang telah dilakukan, didapatkan 3 fungsi keanggotaan yang digunakan sebagai input pada *tools fuzzy* ini. Input tersebut berupa perbedaan kecepatan (ΔV), perbedaan jarak (ΔS), dan perbedaan waktu (ΔT). Parameter – parameter dari input yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4. 2.

- Fungsi Keanggotaan DeltaV

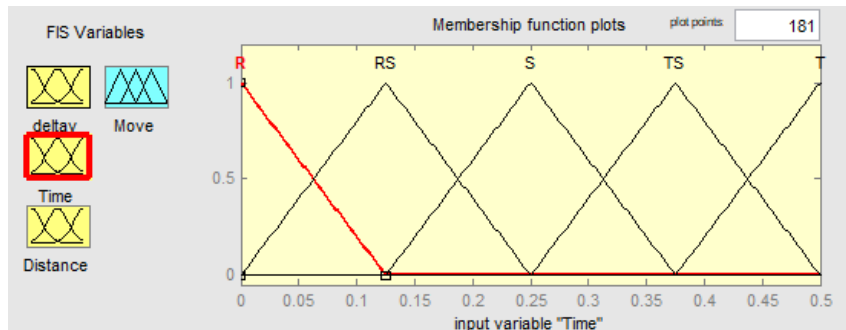
Fungsi keanggotaan *deltav* yang merupakan masukan dari logika fuzzy ditunjukkan pada Gambar 4. 6. Pada variabel masukan yang pertama dibagi menjadi 11 fungsi keanggotaan untuk mengelompokkan setiap nilai dari kecepatan. Tiap fungsi keanggotaan tersebut menggunakan bentuk segitiga (trimf) dan memiliki range nilai yang ditentukan berdasarkan data *AIS*. Fungsi keanggotaan trimf ini sangat sederhana dan sesuai digunakan untuk sistem. Range nilai untuk setiap fungsi keanggotaan NT, NTS, NS, NRS, NR, Z, PR, PRS, PS, PTS, dan PT dapat dilihat pada Tabel 4. 2.



Gambar 4. 6 Fungsi Keanggotaan Delta V

- Fungsi Keanggotaan Time

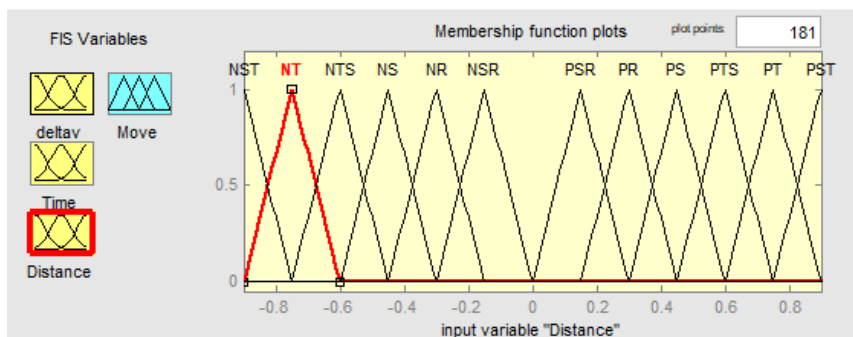
Fungsi keanggotaan *time* yang merupakan masukan dari logika fuzzy ditunjukkan pada Gambar 4. 7. Pada variabel masukan dibagi menjadi 5 fungsi keanggotaan untuk mengelompokkan setiap nilai dari waktu. Fungsi keanggotaan tersebut yaitu Rendah (R), Rendah Sedang (RS), Sedang (S), Tinggi Sedang (TS), dan Tinggi (T). Tiap fungsi keanggotaan tersebut menggunakan bentuk segitiga (trimf) dan memiliki range nilai yang ditentukan berdasarkan data *AIS*. Range nilai untuk setiap fungsi keanggotaan R, RS, S, TS, dan T berturut-turut yaitu <0.125 , $0 - 0.25$, $0.125 - 0.375$, $0.25 - 0.5$, >0.375 .



Gambar 4. 7 Fungsi Keanggotaan Time

- Fungsi Keanggotaan *Distance*

Fungsi keanggotaan *distance* yang merupakan masukan dari logika fuzzy ditunjukkan pada Gambar 4. 8. Pada variabel masukan dibagi menjadi 12 fungsi keanggotaan untuk mengelompokkan setiap nilai dari jarak. Tiap fungsi keanggotaan tersebut menggunakan bentuk segitiga (trimf) dan memiliki range nilai yang ditentukan berdasarkan data AIS. Range nilai untuk setiap fungsi keanggotaan NST, NT, NTS, NS, NR, NSR, Z, PR, PRS, PS, PTS, PT, dan PST dapat dilihat pada Tabel 4. 2.



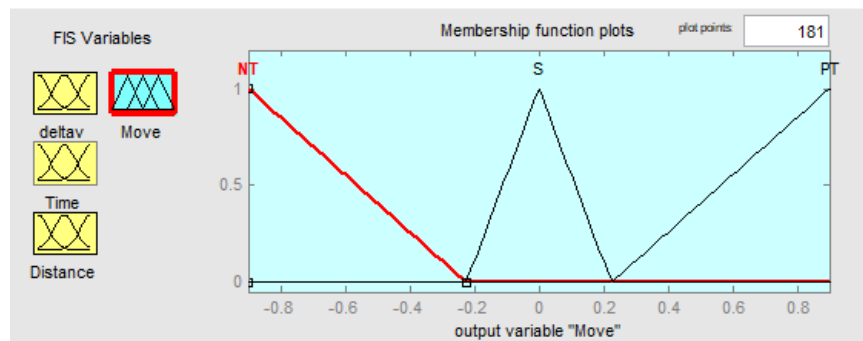
Gambar 4. 8 Fungsi Keanggotaan Distance

Tabel 4. 2 Parameter Input Logika Fuzzy

No	Keterangan	Satuan	Indeks	Domain	Fungsi Keanggotaan
1	DeltaV	(knot)	NT		Trimf
			NTS		Trimf
			NS		Trimf
			NSR		Trimf
			NR		Trimf
			Z		Trimf
			PR		Trimf
			PSR		Trimf
			PS		Trimf
			PTS		Trimf
			PT		Trimf
2	Time	(10h)	R		Trimf
			RS		Trimf
			S		Trimf
			TS		Trimf
			T		Trimf
3	Distance	(mil)	NST		Trimf
			NT		Trimf
			NTS		Trimf
			NS		Trimf
			NR		Trimf
			NRS		Trimf
			PRS		Trimf
			PR		Trimf
			PS		Trimf
			PTS		Trimf
			PT		Trimf
			PST		Trimf

- Fungsi Keanggotaan *Prediction Move*

Fungsi keanggotaan *prediction move* yang merupakan keluaran dari logika fuzzy ditunjukkan pada Gambar 4. 9. Pada variabel masukan dibagi menjadi 3 fungsi keanggotaan untuk mengelompokkan setiap nilai dari prediksi pergerakan. Fungsi keanggotaan tersebut yaitu *Making a Left Turn* (NT), *Making a Right Turn* (PT,) dan *Straight* (S). Tiap fungsi keanggotaan tersebut menggunakan bentuk *trimf* dan memiliki range nilai berturut turut $-0.9 - 0.225$, $-0.225 - 0.225$, dan $0.225 - 0.9$.



Gambar 4. 9 Fungsi Keanggotaan *Prediction Move*

2. *Fuzzy Rule Based*

Penentuan *rule base* (basis aturan) yang digunakan pada sistem untuk menentukan prediksi pergerakan dari sebuah kapal didasarkan pada data *AIS* berupa *trajectory* kapal. Untuk penentuan jumlah rule berdasarkan kemungkinan menggunakan asas probabilitas. Dari 3 variabel masukan dan 1 keluaran pada logika fuzzy dengan perhitungan peluang kemungkinan kejadian maka diperoleh 230 aturan (*rules*) if – then yang menjadi basis aturan dalam logika fuzzy.

Berikut adalah rule base yang digunakan pada logika fuzzy:

R(1) : IF (DeltaV is R) and (Time is R) and (Distance is SR) THEN (Move is T)

R(2) : IF (DeltaV is R) and (Time is R) and (Distance is R) THEN (Move is S)

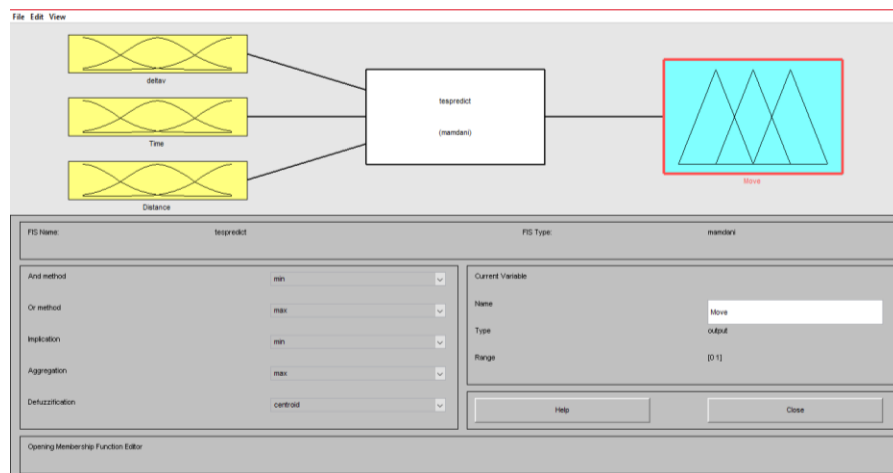
R(3) : IF (DeltaV is R) and (Time is RS) and (Distance is SR) THEN (Move is T)

R(47) : IF THEN

Rule Base pada logika fuzzy secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran.

3. *Fuzzy Inference System*

Gambar 4. 10 merupakan bentuk tampilan FIS (*Fuzzy Inference System*) dari Sistem Pengambilan keputusan untuk menentukan prediksi pergerakan sebuah kapal pada *software* Matlab. Besarnya interval untuk masing-masing variabel masukan didasarkan pada data *AIS* berupa *trajectory* kapal.



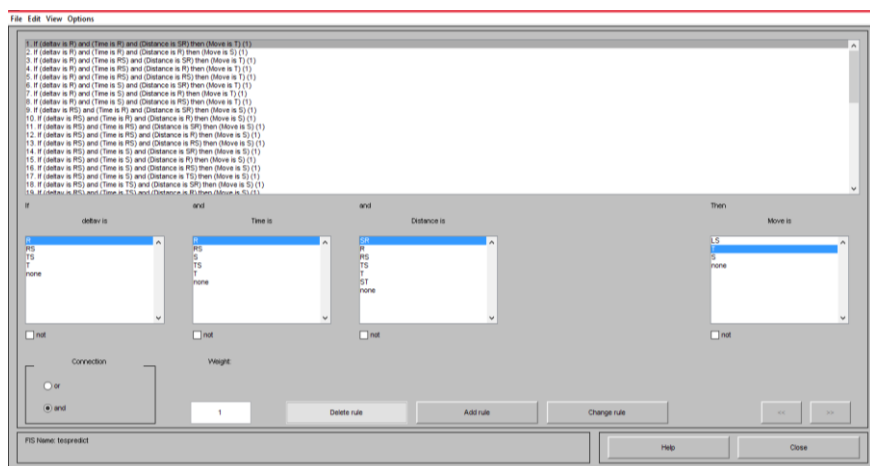
Gambar 4. 10 Fuzzy Inference System

4. *Defuzzification*

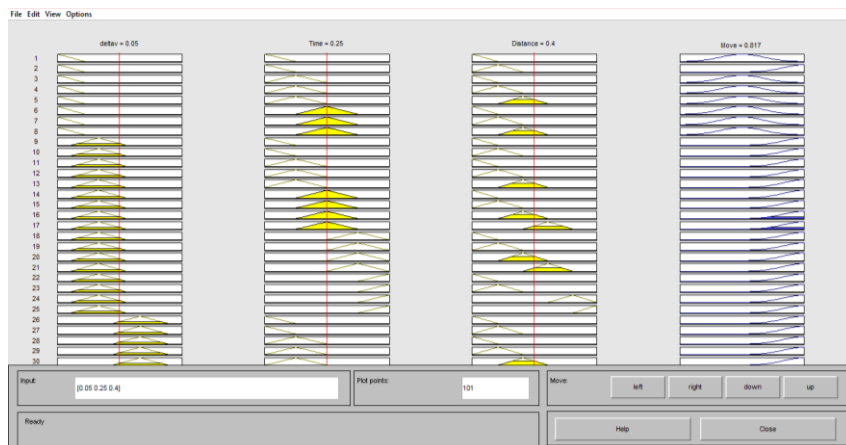
Tahap terakhir adalah defuzzifikasi yang merupakan proses mengubah besaran fuzzy menjadi bentuk data *crisp* atau nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaannya. Metode defuzzifikasi dalam tugas akhir ini menggunakan

metode *centroid*. Hasil defuzzifikasi berupa keluaran fuzzy dalam bentuk numerik yaitu persentase prediksi pergerakan sebuah kapal.

Pada Gambar 4. 11 merupakan *rule editor* pada MATLAB yang berisi rule (aturan-aturan) yang merupakan otak dari sistem ini. Gambar 4. 12 menunjukkan *rule viewer* dari sistem pengambilan keputusan logika fuzzy yang telah dirancang. *Rule Viewer* pada Gambar 4. 12 bertujuan untuk mengetahui angka numerik yang dihasilkan dari sistem yang sudah dibangun dalam pengambilan keputusan. Prediksi pergerakan sebuah kapal dapat diketahui dengan mengganti *look up table* pada *rule viewer* berdasarkan data *deltav*, *time*, dan *distance* nya. Setelah perancangan sistem pengambilan keputusan dengan logika fuzzy selesai maka data keluaran divalidasi dengan data real dari pergerakan kapal tersebut.

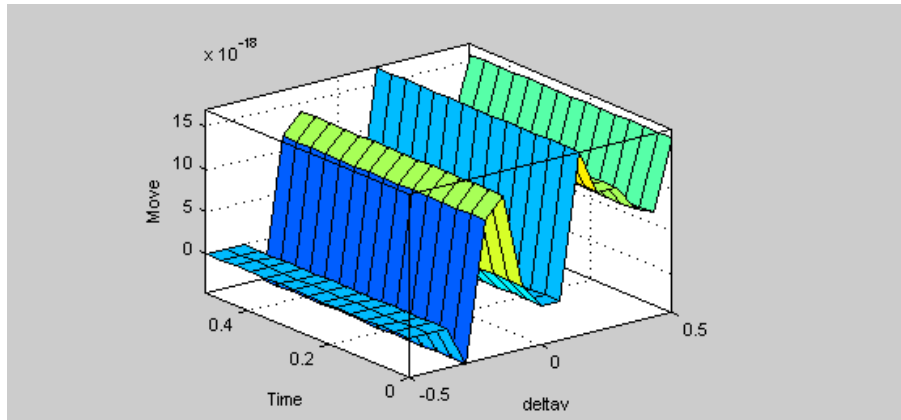


Gambar 4. 11 Rule Editor yang digunakan pada MATLAB



Gambar 4. 12 Rule Viewer pada MATLAB

Hubungan antara variabel masukan dan keluaran sistem ditampilkan dalam bentuk 3 dimensi yang ditunjukkan oleh *surface viewer* pada Gambar 4. 13.



Gambar 4. 13 Surface Viewer

4.2 Validasi Sistem

Pengujian terhadap sistem pengambilan keputusan yang telah dirancang dilakukan beberapa kapal yang melintas di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS). Variabel – variabel yang digunakan adalah variabel masukan pada sistem pengambilan keputusan yaitu berupa *deltav*, *time*, dan *distance*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dirancang sesuai dengan *rule* yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB Simulink.

4.2.1 Pengujian Pergerakan Kapal 1

Tabel 4. 3 menunjukkan dimensi utama kapal 1 yang akan diuji pergerakannya menggunakan system yang telah dirancang. Pengujian pergerakan kapal 1 dimulai dari koordinat (-7.08633,112.659). Dari data *AIS* yang ditunjukkan pada Tabel 4. 4, pergerakan kapal diprediksi menggunakan fuzzy system pada *software* MATLAB. Gambar 4. 14 menunjukkan *rule viewer* yang digunakan untuk memprediksi pergerakan kapal 1 dengan memasukkan variable variable seperti *deltav*, *distance*, dan *time* pada kolom input.

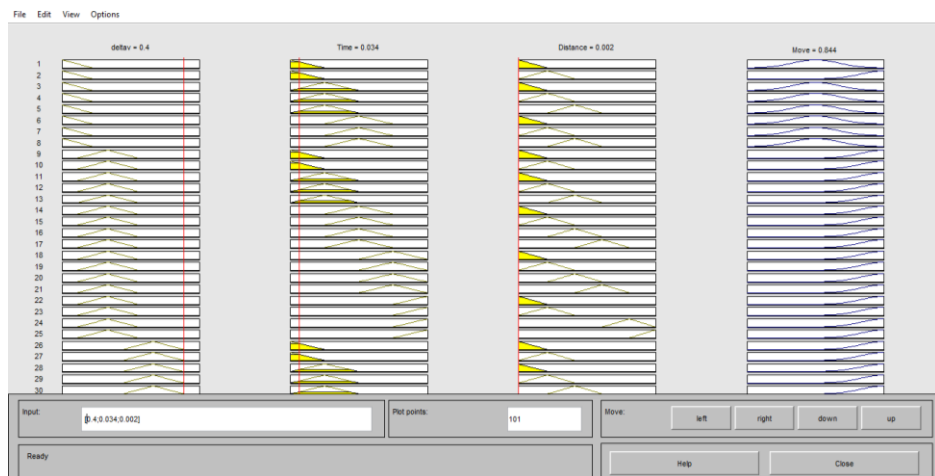
Tabel 4. 3 Data Kapal 1

Name	Sarah Schulte
IMO / MMSI	9294159 / 210409000
L x B x D	212 m x 30 m x 12 m
Speed	14 knot
GT	28592 ton
Type	Container Ship

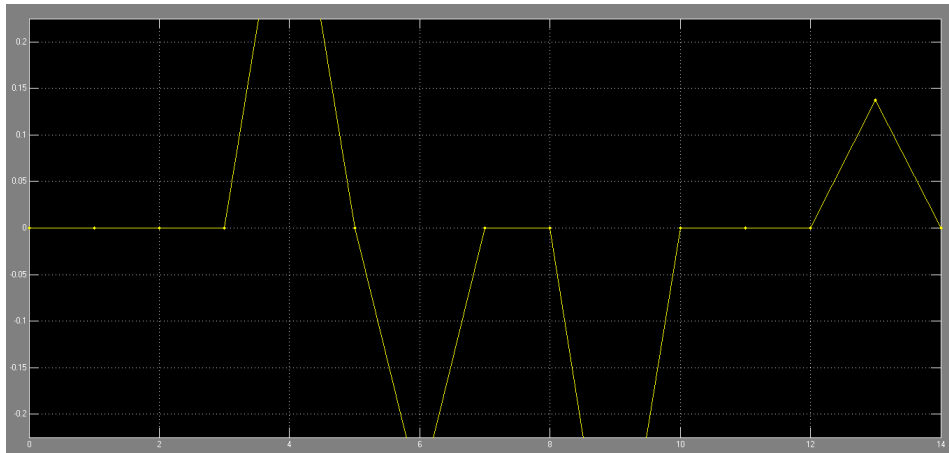
Hasil keluaran yang berupa nilai *move* dapat dilihat pada Tabel 4. 5. Masing masing hasil keluaran untuk tiap posisi kapal 1 divalidasi dengan kejadian sebenarnya menggunakan *google earth* pada Gambar 4. 16 untuk melihat seberapa akurat sistem yang telah dirancang.

Tabel 4. 4 Data AIS Kapal 1

Position		Speed
Latitude	Longitude	(knot)
-7.08633	112.659	11.9
-7.08683	112.659	11.9
-7.10617	112.6582	12
-7.11667	112.6578	11.7
-7.11817	112.6577	11.7
-7.12133	112.6575	11.8
-7.122	112.6575	11.8
-7.123	112.6573	11.8
-7.14817	112.6638	10.3
-7.151	112.6658	10.3
-7.15133	112.666	10.3
-7.1565	112.6695	10.3
-7.159	112.6712	10.2
-7.15917	112.6713	10.2
-7.16167	112.673	10.4
-7.162	112.6733	10.3



Gambar 4. 14 Rule pada Fuzzy untuk Prediksi Pergerakan Kapal 1

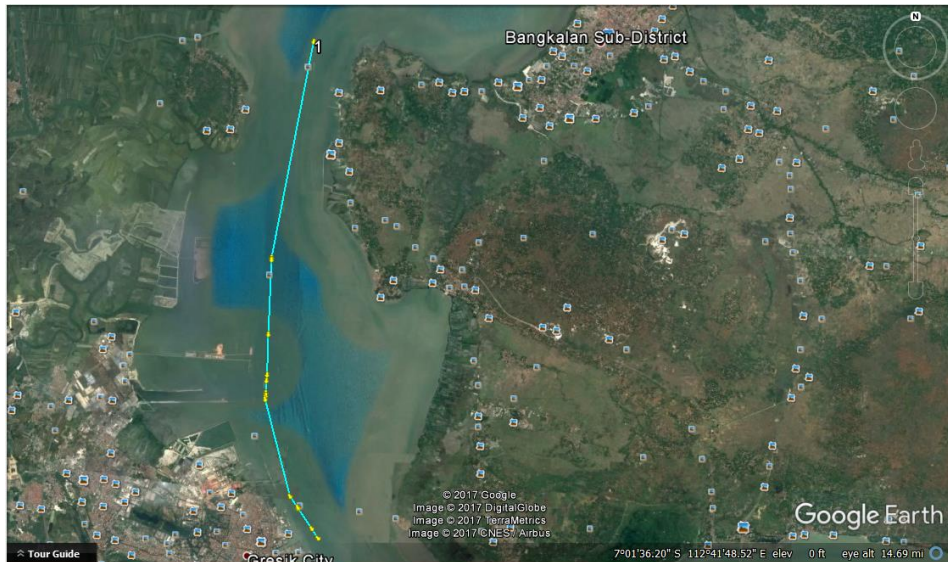


Gambar 4. 15 Hasil Pengujian Pergerakan Kapal 1 Menggunakan Simulink

Tabel 4. 5 Hasil Prediksi Fuzzy untuk Pergerakan Kapal 1

Position	DeltaV	Distance (mil)	Time (10h)	Move (%)
1-2	0.4	0.034	0.002483	61.6 S
2-3	0	-1.34	0.097851	61.6 S
3-4	0.1	0.73	0.052863	61.6 S
4-5	-0.3	0.1	0.007427	5.2 T
5-6	0	0.22	0.01634	61.6 S
6-7	0.1	-0.046	0.003388	61.6 S
7-8	0	-0.07	0.005155	61.6 S
8-9	0	1.8	0.132556	61.6 S
9-10	-1.5	-0.24	0.020248	62.8 T
10-11	0	-0.025	0.002109	61.6 S
11-12	0	0.43	0.036278	61.6 S
12-13	0	-0.207	0.017464	61.6 S
13-14	-0.1	0.016	0.001363	67 S
14-15	0	-0.207	0.017635	61.6 S

Keterangan: S= Straight Forward, T= Making a Turn



Gambar 4. 16 Pergerakan Kapal 1 pada Google Earth

Hasil keluaran *fuzzy* yang masih berupa elemen *fuzzy* harus diubah menjadi nilai *crisp* dengan melakukan defuzzifikasi. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid. Nilai *crisp* yang didapatkan berupa persentase dari arah gerak kapal 1 dibandingkan dengan kejadian sebenarnya pada lampiran untuk melihat seberapa akurat sistem yang telah dirancang.

Berdasarkan perbandingan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem yang telah dirancang memiliki tingkat keakuratan yang cukup baik untuk memprediksi pergerakan kapal 1 yaitu sebesar 86.6 % (13/15).

4.2.2 Pengujian Pergerakan Kapal 2

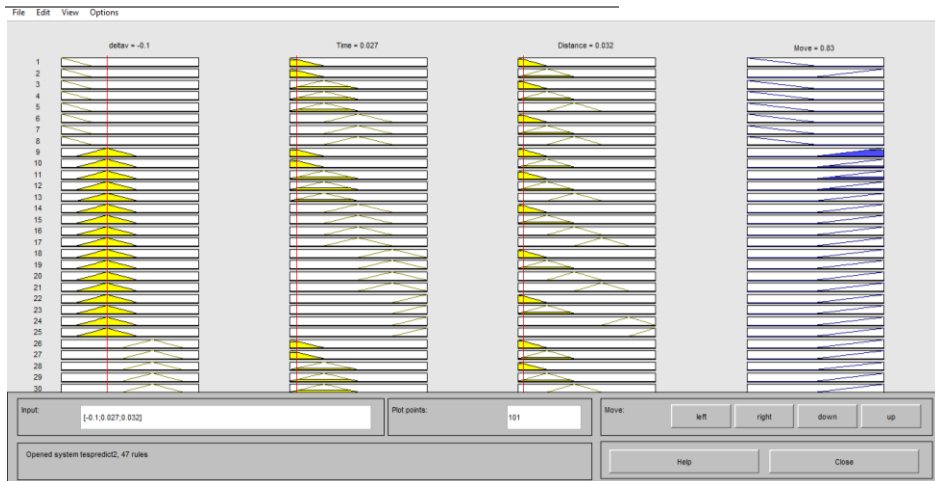
Tabel 4. 6 menunjukkan dimensi utama kapal 2 yang akan diuji pergerakannya menggunakan sistem yang telah dirancang. Dari data *AIS* yang ditunjukkan pada Tabel 4.7, pergerakan kapal diprediksi menggunakan fuzzy system pada software MATLAB. Gambar 4. 17 menunjukkan *rule viewer* yang digunakan untuk memprediksi pergerakan kapal 2 dengan memasukkan variable variable seperti *deltav*, *distance*, dan *time* pada kolom input.

Tabel 4. 6 Data Kapal 2

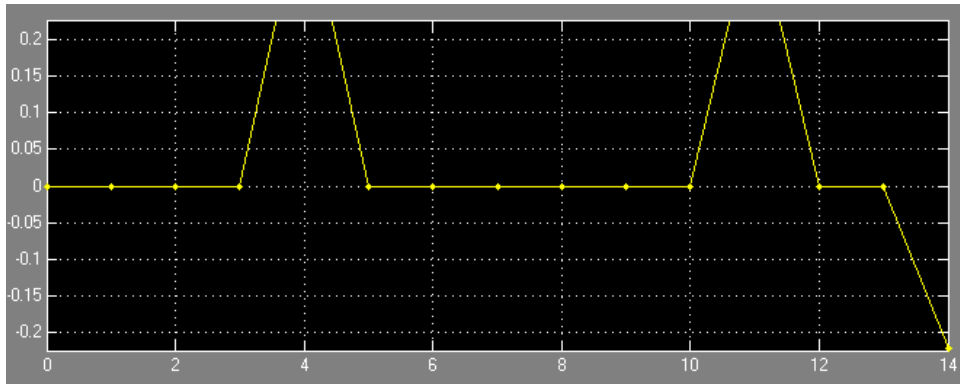
Name	Warnow Boatswain
IMO / MMSI	9509803 / 209425000
L x B x D	171 m x 25 m x 9.5 m
Speed	14.5 knot
GT	17068 ton
Type	Container Ship

Tabel 4.7 Data AIS Kapal 2

Position		Speed
Latitude	Longitude	(knot)
-7.08683	112.659	11.9
-7.10617	112.6582	12
-7.11667	112.6578	11.7
-7.11817	112.6577	11.7
-7.12133	112.6575	11.8
-7.122	112.6575	11.8
-7.123	112.6573	11.8
-7.14817	112.6638	10.3
-7.151	112.6658	10.3
-7.15133	112.666	10.3
-7.1565	112.6695	10.3
-7.159	112.6712	10.2
-7.15917	112.6713	10.2
-7.16167	112.673	10.4
-7.162	112.6733	10.3



Gambar 4. 17 Rule pada Fuzzy untuk Prediksi Pergerakan Kapal 2



Gambar 4. 18 Hasil Pengujian Kapal 2 Menggunakan Simulink

Tabel 4. 8 Hasil Prediksi Fuzzy untuk Pergerakan Kapal 2

Position	DeltaV	Distance (mil)	Time (10h)	Move (%)
1-2	0.1	1.34	0.97441641	61.6 S
2-3	-0.3	0.73	0.53531844	0
3-4	0	0.104356	0.0775067	61.6 S
4-5	0.1	0.219318	0.16219763	61.6 S
6-7	0	0.046023	0.03389205	61.6 S
7-8	0	0.070076	0.05160523	61.6 S
8-9	-1.5	1.8	1.41552623	0
9-10	0	0.239205	0.20180867	61.6 S
10-11	0	0.025758	0.02173081	61.6 S
11-12	0	0.430682	0.36335153	61.6 S
12-13	-0.1	0.207386	0.17581831	63.4 S
13-14	0	0.162311	0.13827842	61.6 S
14-15	0.2	0.207386	0.17496482	63.6 S
15-16	-0.1	0.032386	0.0271913	66 S

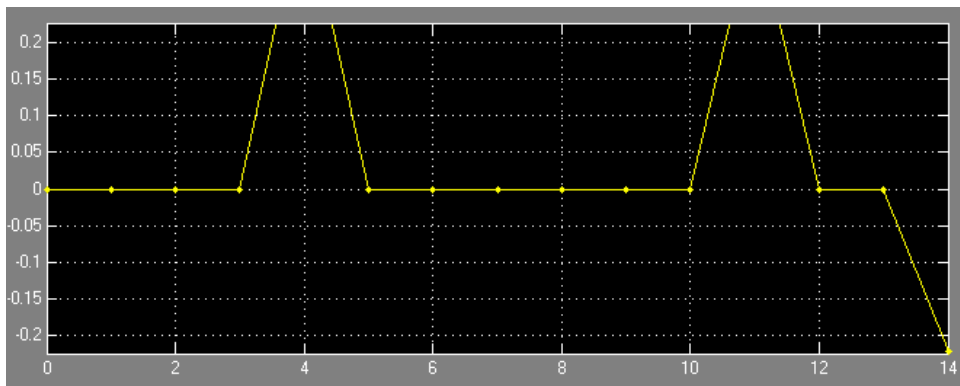
Keterangan: S= Straight Forward, T= Making a Turn

Hasil keluaran yang berupa nilai *move* dapat dilihat pada Tabel 4. 8. Masing masing hasil keluaran untuk tiap posisi kapal 2 divalidasi menggunakan *google earth* pada Gambar 4. 19 dengan kejadian sebenarnya untuk melihat seberapa akurat sistem yang telah dirancang.



Gambar 4. 19 Pergerakan Kapal 2 pada Google Earth

Hasil keluaran *fuzzy* yang masih berupa elemen *fuzzy* harus diubah menjadi nilai *crisp* dengan melakukan defuzzifikasi. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid. Berdasarkan perbandingan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem yang telah dirancang memiliki tingkat keakuratan yang cukup baik untuk memprediksi pergerakan kapal 2 yaitu sebesar 80 % (12/15).



Berdasarkan sistem yang dirancang, jika dilihat di aplikasi *google earth*, dapat diprediksi bahwa kapal telah berjalan sesuai alurnya karena mengikuti Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KP 455 Tahun 2016 tentang Penetapan Alur Pelayaran, Sistem Rute, Tata Cara Berlalu Lintas dan Daerah Labuh Kapal sesuai Dengan Kepentingannya Di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS).

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Tipe pergerakan kapal di daerah pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dapat ditentukan dan dikelompokkan menjadi 2, yaitu berjalan lurus dan berbelok, berdasarkan perubahan kecepatan (Δv), jarak, dan waktu tempuh kapal dari satu posisi ke posisi lainnya.
2. Sistem pengambilan keputusan yang dirancang menggunakan *fuzzy logic* berbasis data AIS sudah cukup sesuai untuk memprediksi arah pergerakan kapal di daerah pelabuhan Tanjung Perak.
3. Pada uji validasi sistem dengan membandingkan hasil keluaran *fuzzy* dengan kejadian sebenarnya menghasilkan nilai output sistem terbesar 66.6 % untuk kapal berjalan lurus dan 62.8% untuk kapal melakukan gerakan belok (*making a turn*). Hal ini berarti sistem ini relevan untuk diterapkan untuk memprediksi pergerakan kapal di daerah pelabuhan Tanjung Perak.
4. Melalui data *Automatic Identification System (AIS)* dapat dilakukan prediksi pergerakan kapal di daerah pelabuhan Tanjung Perak.

5.2 Saran

Perancangan sistem masih perlu dilakukan pengembangan, maka saran yang disampaikan dalam laporan tugas akhir ini adalah:

1. Melakukan penambahan paramater input sistem pengambilan keputusan sehingga menambah keakuratan sistem.
2. Membuat *interface* terhadap sistem yang dirancang untuk lebih mudah dalam pengaplikasiannya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Aisyah, A. S., 2012. *Perancangan Sistem Pengendalian Pada Kapal Berbasis Data AIS (Automatic Identification System) untuk Menghindari Tabrakan Di Perairan Tanjung Perak Surabaya*. Surabaya, SENTA 2011.

Arief, 2015. *Penentuan Rule untuk Memutuskan Pola Pergerakan Kapal Ikan yang Sedang Melakukan Illegal Fishing* [Interview] (24 Agustus 2015).

Farmita, A. R., 2017. *TEMPO.CO*. [Online] Available at: <https://tempo.co> [Accessed 26 01 2017].

Fransisko, I., 2016. *Perancangan Sistem Pengambilan Keputusan Berbasis Data AIS Untuk Identifikasi Terjadinya Illegal Unregulated Unreported (IUU) Fishing Menggunakan logika Fuzzy*. Surabaya: ITS.

Ignizio, J., 1991. *Introduction to Expert System: The Development and Implementation of Rule-Based Expert System..* 1 ed. Singapore: McGraw-Hill Book Co..

Intan, R. & Mukaidono, M., 2002. On Knowledge-Based Fuzzy Sets. *International Journal of Fuzzy System*, Volume IV, p. 2.

Kanmon Kaikyo Traffic, A. S., 2008. *The operation beginning of AIS (Automatic Identification System)*. s.l., s.n.

Klir, G. & Yuan, B., 1995. *Fuzzy Sets and Fuzzy Relation: Theory and Application*. New Jersey, Prentice Hall.

Masroeri, A. A., 2015. *Penentuan Variabel Masukan dan Keluaran Sistem Pengambilan Keputusan, Tingkatan Fungsi Keanggotaan pada Logika Fuzzy serta Tingkatan (Numerik) untuk Mengkategorikan Illegal/Non Illegal Fishing* [Interview] (19 Agustus 2015).

Van Der Velden, M. M., 2010. *Prediction Ship Movements*. Amsterdam, Bachelor Opleiding Kunstmatige Intelligentie.

Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), pp. 338-353.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Data AIS Kapal MMSI 210409000

MMSI	Message Type	Message Repeat	Latitude	Longitude	Status Navigasi	ROT	SOG	COG	Heading	Data UTC	
2.1E+08	1	0	-7.03033	112.67		0	0	11.5	200	200	45
2.1E+08	1	0	-7.08633	112.659		0	0	11.9	186	186	27
2.1E+08	1	0	-7.08683	112.659		0	0	11.9	186	186	35
2.1E+08	1	0	-7.10617	112.6582		0	0	12	180	181	27
2.1E+08	1	0	-7.11667	112.6578		0	0	11.7	184	183	37
2.1E+08	1	0	-7.11817	112.6577		0	0	11.7	184	183	5
2.1E+08	1	0	-7.12133	112.6575		0	0	11.8	184	182	5
2.1E+08	1	0	-7.122	112.6575		0	0	11.8	183	181	15
2.1E+08	1	0	-7.123	112.6573		0	0	11.8	182	180	35
2.1E+08	1	0	-7.14817	112.6638		0	0	10.3	146	145	17
2.1E+08	1	0	-7.151	112.6658		0	0	10.3	146	146	27

MMSI	Message Type	Message Repeat	Latitude	Longitude	Status Navigasi	ROT	SOG	COG	Heading	Data UTC
2.1E+08	1	0	-7.15133	112.666		0	0	10.3	146	146 35
2.1E+08	1	0	-7.1565	112.6695		0	0	10.3	145	144 47
2.1E+08	1	0	-7.159	112.6712		0	0	10.2	145	144 47
2.1E+08	1	0	-7.15917	112.6713		0	0	10.2	145	143 55

Data AIS Kapal MMSI 209425000

MMSI	Message Type	Message Repeat	Latitude	Longitude	Status Navigasi	ROT	SOG	COG	Heading	Data UTC
2.1E+08	1	0	-7.08683	112.659		0	0	11.9	186	186 35
2.1E+08	1	0	-7.10617	112.6582		0	0	12	180	181 27
2.1E+08	1	0	-7.11667	112.6578		0	0	11.7	184	183 37
2.1E+08	1	0	-7.11817	112.6577		0	0	11.7	184	183 5
2.1E+08	1	0	-7.12133	112.6575		0	0	11.8	184	182 5
2.1E+08	1	0	-7.122	112.6575		0	0	11.8	183	181 15

MMSI	Message Type	Message Repeat	Latitude	Longitude	Status Navigasi	ROT	SOG	COG	Heading	Data UTC	
2.1E+08	1	0	-7.123	112.6573		0	0	11.8	182	180	35
2.1E+08	1	0	-7.14817	112.6638		0	0	10.3	146	145	17
2.1E+08	1	0	-7.151	112.6658		0	0	10.3	146	146	27
2.1E+08	1	0	-7.15133	112.666		0	0	10.3	146	146	35
2.1E+08	1	0	-7.1565	112.6695		0	0	10.3	145	144	47
2.1E+08	1	0	-7.159	112.6712		0	0	10.2	145	144	47
2.1E+08	1	0	-7.15917	112.6713		0	0	10.2	145	143	55
2.1E+08	1	0	-7.16167	112.673		0	0	10.4	144	143	57
2.1E+08	1	0	-7.162	112.6733		0	0	10.3	145	143	5

Program Fuzzy pada MATLAB

```
[System]
Name='tespredict32'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=231
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='deltav'
Range=[-0.5 0.5]
NumMFs=11
MF1='NTS':'trimf',[-0.5 -
0.4 -0.3]
MF2='NS':'trimf',[-0.4 -0.3
-0.2]
MF3='NRS':'trimf',[-0.3 -
0.2 -0.1]
MF4='NR':'trimf',[-0.2 -0.1
0]
MF5='NT':'trimf',[-10 -0.5
-0.4]
MF6='PR':'trimf',[0 0.1
0.2]
MF7='PRS':'trimf',[0.1 0.2
0.3]
MF8='PS':'trimf',[0.2 0.3
0.4]
MF9='PTS':'trimf',[0.3 0.4
0.5]
MF10='PT':'trimf',[0.4 0.5
10]
MF11='Z':'trimf',[-0.1 0
0.1]

[Input2]
Name='Time'
Range=[0 0.5]
NumMFs=5
MF1='R':'trimf',[0 0 0.125]
MF2='RS':'trimf',[0 0.125
0.25]
MF3='S':'trimf',[0.125 0.25
0.375]

MF4='TS':'trimf',[0.25
0.375 0.5]
MF5='T':'trimf',[0.375 0.5
10]

[Input3]
Name='Distance'
Range=[-0.9 0.9]
NumMFs=12
MF1='NT':'trimf',[-0.9 -
0.75 -0.6]
MF2='NTS':'trimf',[-0.75 -
0.6 -0.45]
MF3='NS':'trimf',[-0.6 -
0.45 -0.3]
MF4='NR':'trimf',[-0.45 -
0.3 -0.15]
MF5='NSR':'trimf',[-0.3 -
0.15 0]
MF6='NST':'trimf',[-10 -0.9
-0.75]
MF7='PSR':'trimf',[0 0.15
0.3]
MF8='PR':'trimf',[0.15 0.3
0.45]
MF9='PS':'trimf',[0.3 0.45
0.6]
MF10='PTS':'trimf',[0.45
0.6 0.75]
MF11='PT':'trimf',[0.6 0.75
0.9]
MF12='PST':'trimf',[0.75
0.9 10]

[Output1]
Name='Move'
Range=[-0.9 0.9]
NumMFs=3
MF1='NT':'trimf',[-0.9 -0.9
-0.225]
MF2='S':'trimf',[-0.225 0
0.225]
MF3='PT':'trimf',[0.225 0.9
0.9]

[Rules]
1 1 8, 3 (1) : 1
1 1 9, 3 (1) : 1
1 2 1, 1 (1) : 1
```


1 2 2, 1 (1) : 1
 1 2 3, 1 (1) : 1
 1 2 4, 1 (1) : 1
 1 2 5, 1 (1) : 1
 1 2 6, 1 (1) : 1
 1 2 7, 3 (1) : 1
 1 2 8, 3 (1) : 1
 1 2 9, 3 (1) : 1
 1 2 10, 3 (1) : 1
 1 2 11, 3 (1) : 1
 1 2 12, 3 (1) : 1
 1 3 1, 1 (1) : 1
 1 3 2, 1 (1) : 1
 1 3 3, 1 (1) : 1
 1 3 4, 1 (1) : 1
 1 3 5, 1 (1) : 1
 1 3 6, 1 (1) : 1
 1 3 7, 3 (1) : 1
 1 3 8, 3 (1) : 1
 1 3 9, 3 (1) : 1
 1 3 10, 3 (1) : 1
 1 3 11, 3 (1) : 1
 1 3 12, 3 (1) : 1
 1 4 1, 2 (1) : 1
 1 4 2, 2 (1) : 1
 1 4 3, 2 (1) : 1
 1 4 4, 1 (1) : 1
 1 4 5, 1 (1) : 1
 1 4 6, 2 (1) : 1
 1 4 7, 3 (1) : 1
 1 4 8, 3 (1) : 1
 1 4 9, 2 (1) : 1
 1 4 10, 2 (1) : 1
 1 4 11, 2 (1) : 1
 1 4 12, 2 (1) : 1
 1 5 1, 2 (1) : 1
 1 5 2, 2 (1) : 1
 1 5 3, 2 (1) : 1
 1 5 4, 1 (1) : 1
 1 5 5, 1 (1) : 1
 1 5 6, 2 (1) : 1
 1 5 7, 3 (1) : 1
 1 5 8, 3 (1) : 1
 1 5 9, 2 (1) : 1
 1 5 10, 2 (1) : 1
 1 5 11, 2 (1) : 1
 1 5 12, 2 (1) : 1
 9 0 0, 2 (1) : 1
 10 0 0, 2 (1) : 1
 8 0 0, 2 (1) : 1
 7 0 0, 2 (1) : 1

1 1 1, 1 (1) : 1
 1 1 2, 1 (1) : 1
 1 1 10, 3 (1) : 1
 1 1 11, 3 (1) : 1
 1 1 12, 3 (1) : 1
 1 1 3, 1 (1) : 1
 1 1 4, 1 (1) : 1
 1 1 5, 1 (1) : 1
 1 1 6, 1 (1) : 1
 2 1 1, 1 (1) : 1
 2 1 2, 1 (1) : 1
 2 1 3, 1 (1) : 1
 2 1 4, 1 (1) : 1
 2 1 5, 1 (1) : 1
 2 1 6, 1 (1) : 1
 2 1 7, 3 (1) : 1
 2 1 8, 3 (1) : 1
 2 1 9, 3 (1) : 1
 2 1 10, 3 (1) : 1
 2 1 11, 3 (1) : 1
 2 1 12, 3 (1) : 1
 2 2 1, 1 (1) : 1
 2 2 2, 1 (1) : 1
 2 2 3, 1 (1) : 1
 2 2 4, 1 (1) : 1
 2 2 5, 1 (1) : 1
 2 2 6, 1 (1) : 1
 2 2 7, 3 (1) : 1
 2 2 8, 3 (1) : 1
 2 2 9, 3 (1) : 1
 2 2 10, 3 (1) : 1
 2 2 11, 3 (1) : 1
 2 2 12, 3 (1) : 1
 2 3 1, 1 (1) : 1
 2 3 2, 1 (1) : 1
 2 3 3, 1 (1) : 1
 2 3 4, 1 (1) : 1
 2 3 5, 1 (1) : 1
 2 3 6, 1 (1) : 1
 2 3 7, 3 (1) : 1
 2 3 8, 3 (1) : 1
 2 3 9, 3 (1) : 1
 2 3 10, 3 (1) : 1
 2 3 11, 3 (1) : 1
 2 3 12, 3 (1) : 1
 2 4 1, 2 (1) : 1
 2 4 2, 2 (1) : 1
 2 4 3, 2 (1) : 1
 2 4 4, 1 (1) : 1
 2 4 5, 1 (1) : 1
 2 4 6, 1 (1) : 1

2 4 7, 3 (1) : 1
 2 4 8, 3 (1) : 1
 2 4 9, 2 (1) : 1
 2 4 10, 2 (1) : 1
 2 4 11, 2 (1) : 1
 2 4 12, 2 (1) : 1
 3 0 0, 2 (1) : 1
 4 0 0, 2 (1) : 1
 5 1 1, 1 (1) : 1
 5 1 2, 1 (1) : 1
 5 1 3, 1 (1) : 1
 5 1 4, 1 (1) : 1
 5 1 5, 1 (1) : 1
 5 1 6, 1 (1) : 1
 5 1 7, 3 (1) : 1
 5 1 8, 3 (1) : 1
 5 1 9, 3 (1) : 1
 5 1 10, 3 (1) : 1
 5 1 11, 3 (1) : 1
 5 1 12, 3 (1) : 1
 5 2 1, 1 (1) : 1
 5 2 2, 1 (1) : 1
 5 2 3, 1 (1) : 1
 5 2 4, 1 (1) : 1
 5 2 5, 1 (1) : 1
 5 2 6, 1 (1) : 1
 5 2 7, 3 (1) : 1
 5 2 8, 3 (1) : 1
 5 2 9, 3 (1) : 1
 5 2 10, 3 (1) : 1
 5 2 11, 3 (1) : 1
 5 2 12, 3 (1) : 1
 5 3 1, 1 (1) : 1
 5 3 2, 1 (1) : 1
 5 3 3, 1 (1) : 1
 5 3 4, 1 (1) : 1
 5 3 5, 1 (1) : 1
 5 3 6, 1 (1) : 1
 5 3 7, 3 (1) : 1
 5 3 8, 3 (1) : 1
 5 3 9, 3 (1) : 1
 5 3 10, 3 (1) : 1
 5 3 11, 3 (1) : 1
 5 3 12, 3 (1) : 1
 5 4 1, 2 (1) : 1
 5 4 2, 2 (1) : 1
 5 4 3, 2 (1) : 1
 5 4 4, 1 (1) : 1
 5 4 5, 1 (1) : 1
 5 4 6, 2 (1) : 1
 5 4 7, 3 (1) : 1

5 4 8, 3 (1) : 1
 5 4 9, 2 (1) : 1
 5 4 10, 2 (1) : 1
 5 4 11, 2 (1) : 1
 5 4 12, 2 (1) : 1
 5 5 1, 2 (1) : 1
 5 5 2, 2 (1) : 1
 5 5 3, 2 (1) : 1
 5 5 4, 1 (1) : 1
 5 5 5, 1 (1) : 1
 5 5 6, 2 (1) : 1
 5 5 7, 3 (1) : 1
 5 5 8, 3 (1) : 1
 5 5 9, 2 (1) : 1
 5 5 10, 2 (1) : 1
 5 5 11, 2 (1) : 1
 5 5 12, 2 (1) : 1
 2 5 1, 2 (1) : 1
 2 5 2, 2 (1) : 1
 2 5 3, 2 (1) : 1
 2 5 4, 1 (1) : 1
 2 5 5, 1 (1) : 1
 2 5 6, 2 (1) : 1
 2 5 7, 3 (1) : 1
 2 5 8, 3 (1) : 1
 2 5 9, 2 (1) : 1
 2 5 10, 2 (1) : 1
 2 5 11, 2 (1) : 1
 2 5 12, 2 (1) : 1
 3 0 1, 2 (1) : 1
 3 0 2, 2 (1) : 1
 3 0 3, 2 (1) : 1
 3 0 5, 2 (1) : 1
 3 0 4, 1 (1) : 1
 3 0 6, 2 (1) : 1
 3 0 7, 2 (1) : 1
 3 0 8, 3 (1) : 1
 3 0 10, 2 (1) : 1
 3 0 11, 2 (1) : 1
 3 0 12, 2 (1) : 1
 4 0 1, 2 (1) : 1
 4 0 2, 2 (1) : 1
 4 0 3, 2 (1) : 1
 4 0 4, 1 (1) : 1
 4 0 5, 1 (1) : 1
 4 0 6, 2 (1) : 1
 4 0 7, 3 (1) : 1
 4 0 8, 3 (1) : 1
 4 0 9, 2 (1) : 1
 4 0 10, 2 (1) : 1
 4 0 11, 2 (1) : 1

Gambar Perbandingan antara Hasil Sistem dengan Kejadian Sebenarnya

- Kapal 1

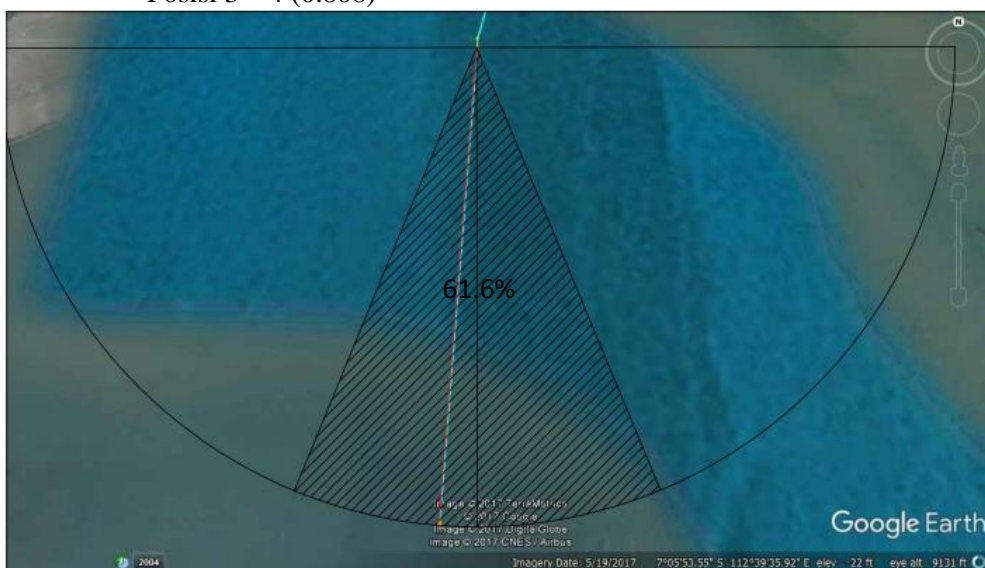
- Posisi 1-2 (0.808)



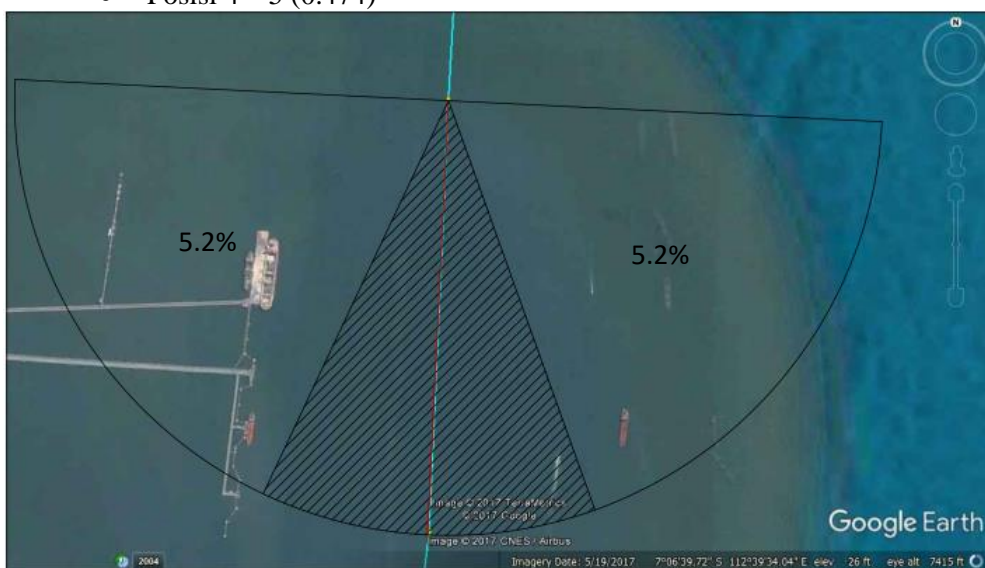
- Posisi 2 – 3 (0.808)



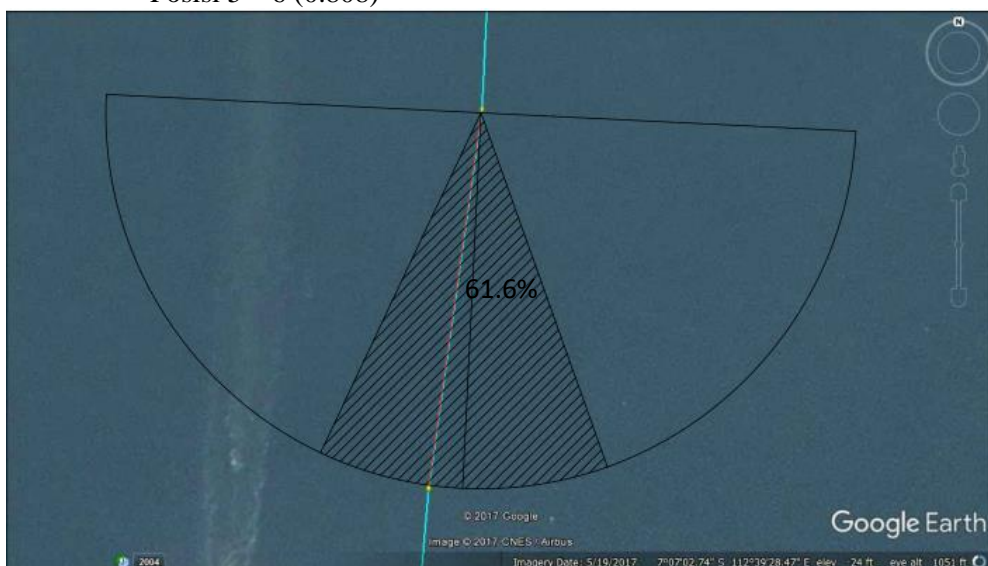
- Posisi 3 – 4 (0.808)



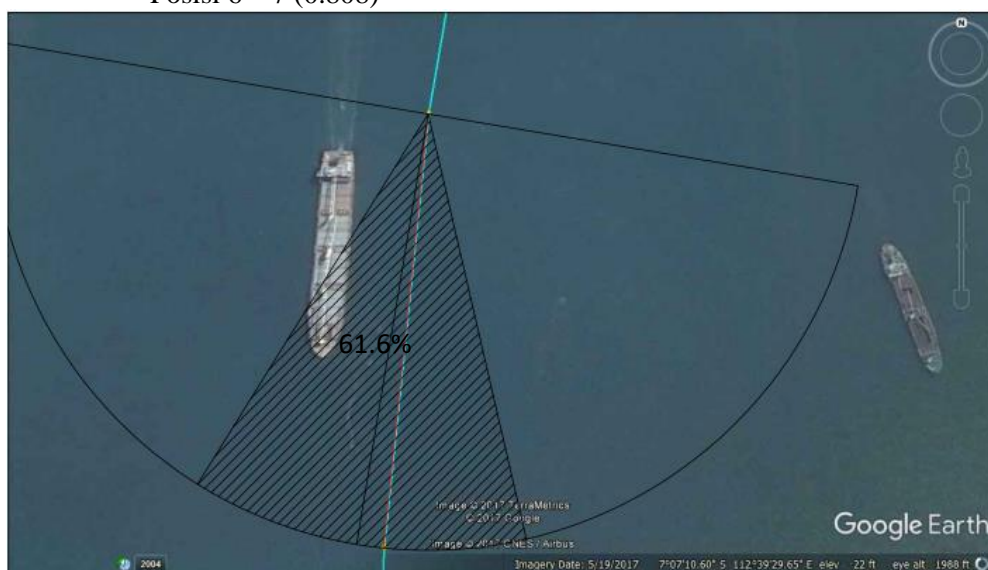
- Posisi 4 – 5 (0.474)



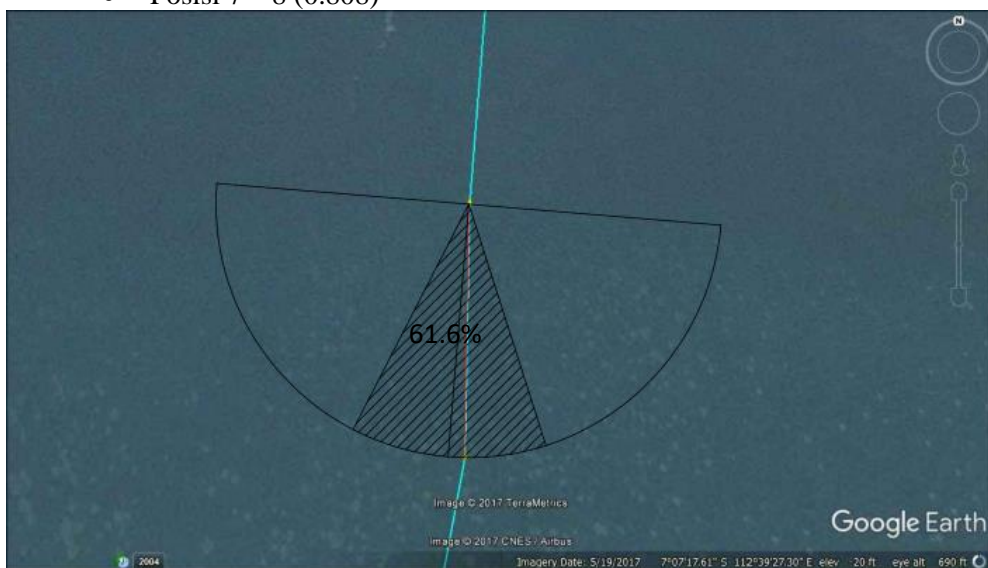
- Posisi 5 – 6 (0.808)



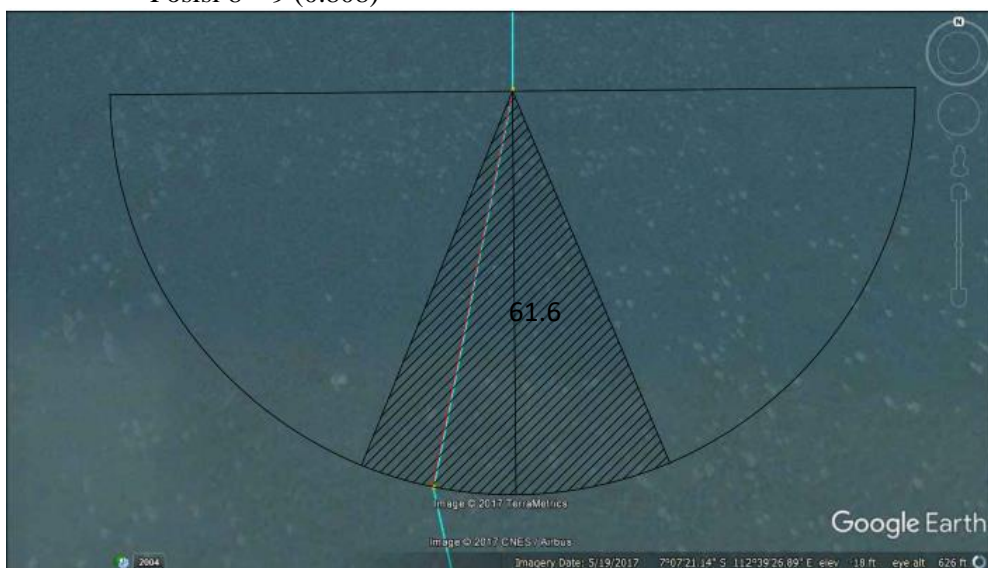
- Posisi 6 – 7 (0.808)



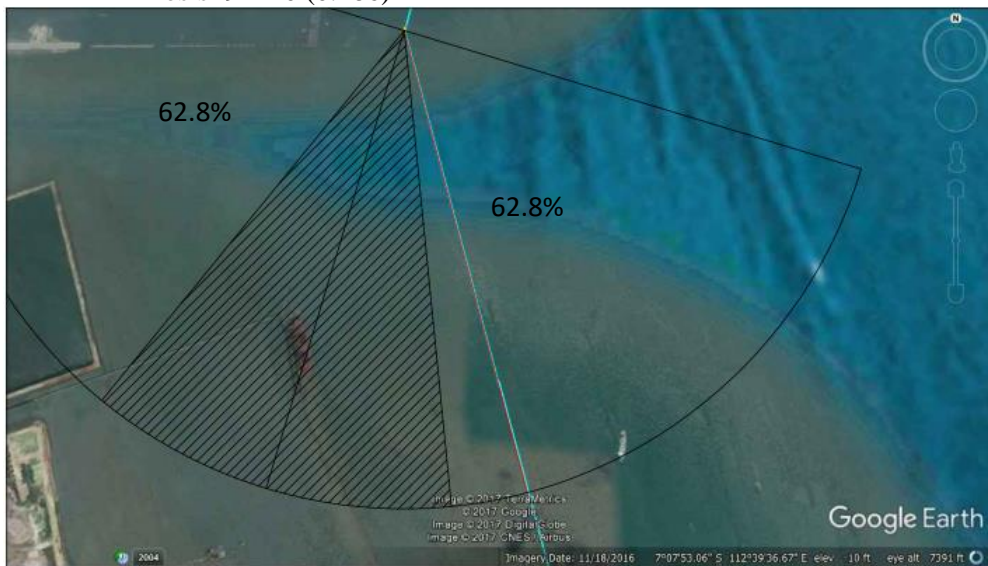
- Posisi 7 – 8 (0.808)



- Posisi 8 – 9 (0.808)



- Posisi 9 – 10 (0.186)

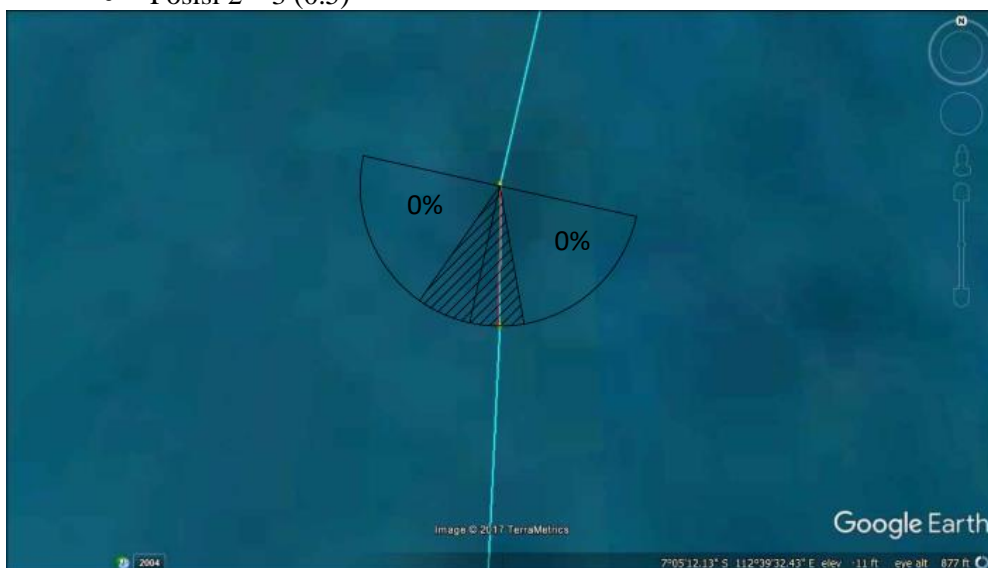


- Kapal 2

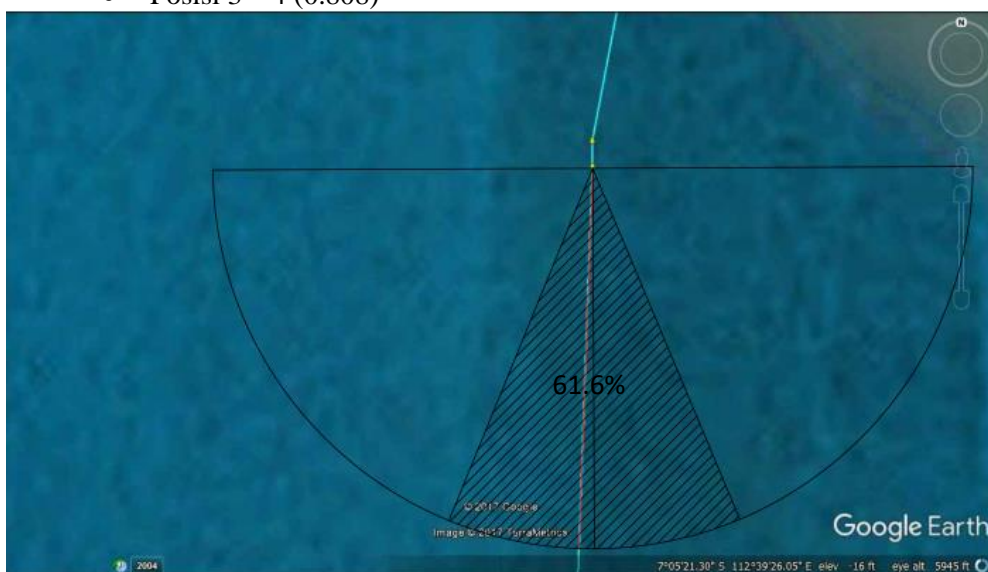
- Posisi 1-2 (0.808)



- Posisi 2 – 3 (0.5)



- Posisi 3 – 4 (0.808)



- Posisi 4 – 5 (0.808)



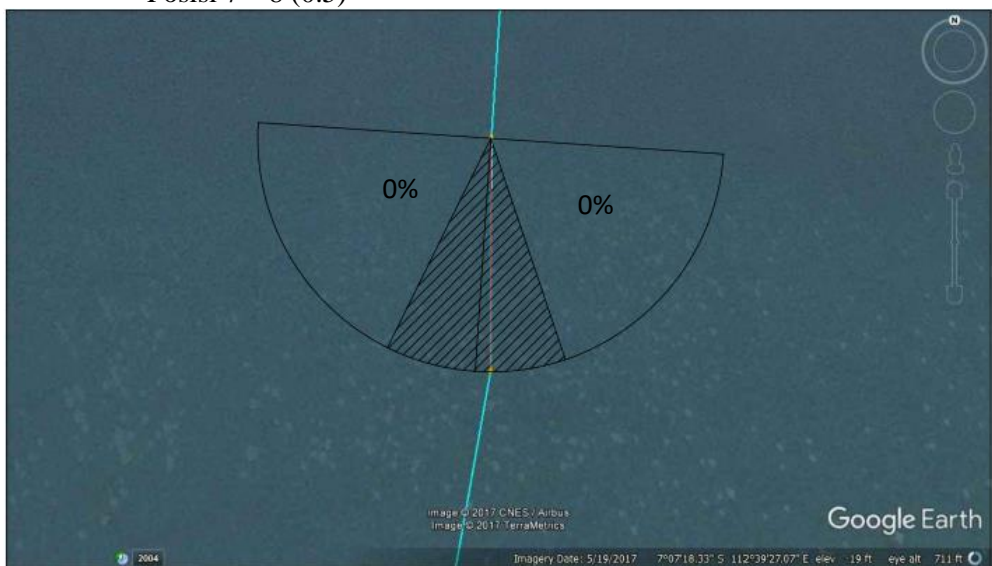
- Posisi 5 – 6 (0.808)



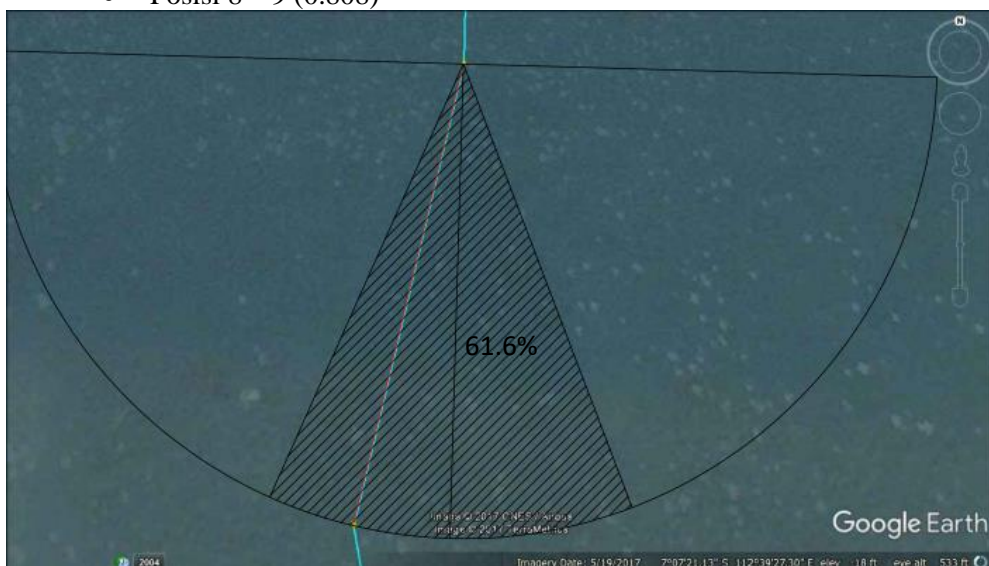
- Posisi 6 – 7 (0.808)



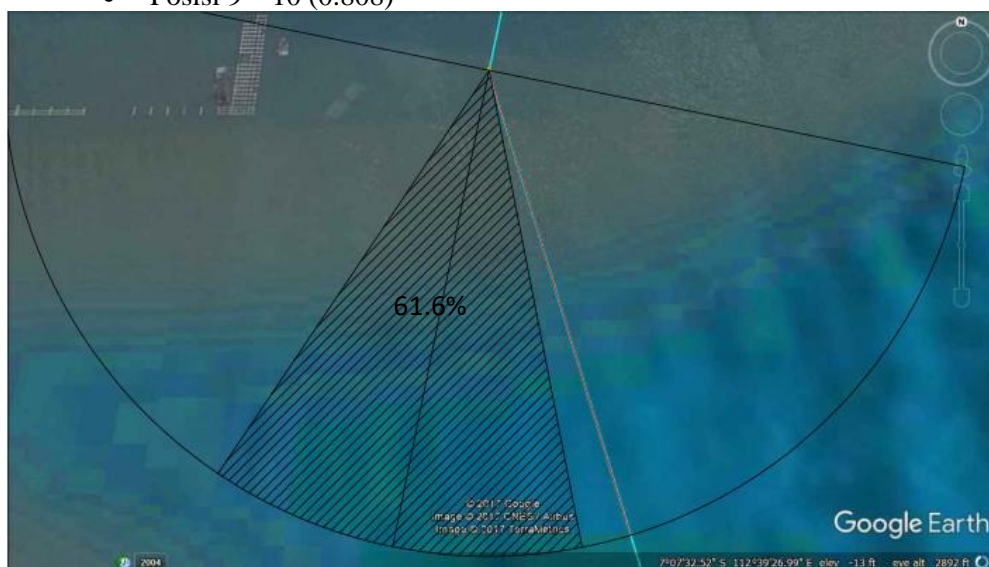
- Posisi 7 – 8 (0.5)



- Posisi 8 – 9 (0.808)



- Posisi 9 – 10 (0.808)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Batam Propinsi Kepulauan Riau pada tanggal 27 Oktober 1994. Penulis dilahirkan oleh pasangan suami istri Hamdani N. Muhammad dengan Lismawati. Penulis merupakan anak kedua dari 5 bersaudara. Sejarah pendidikan penulis berawal dari SDN 007 Tiban, Batam dilanjutkan kejenjang jenjang berikutnya SMPN 3 Batam, SMAN 1 Batam, dan meneruskan ke jenjang pendidikan S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan dengan NRP 4212100094. Penulis mengambil bidang studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS) dalam pengerjaan skripsi. Semasa perkuliahan, penulis sempat aktif berorganisasi dengan menjadi Bendahara Umum

organisasi daerah Kerukunan Pelajar Mahasiswa Kepulauan Riau (KPMKR) Surabaya dan menjadi kapten di Laboratorium *Realibility, Availability, Maintenance, and Safety* (RAMS).